

Prototipo de un robot móvil con identificador de residuos

Jeisson Mauricio Ángel Leal
Juan Felipe Hernández Barrera
Julián Leonardo Orjuela Peña

Universitaria Agustiniiana
Facultad de ingeniería
Programa de ingeniería mecatrónica
Bogotá D.C.
2023

Prototipo de un robot móvil con identificador de residuos

Jeisson Mauricio Ángel Leal
Juan Felipe Hernández Barrera
Julián Leonardo Orjuela Peña

Director:
Wilmer Cruz Guayacundo

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecatrónico

Universitaria Agustiniiana
Facultad de ingeniería
Programa de ingeniería mecatrónica
Bogotá D.C.
2023

Tabla de contenidos

Problema de investigación.....	1
Antecedentes del problema.....	1
Descripción del problema.....	4
Pregunta de investigación.....	5
Objetivos.....	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
Justificación	7
Marco de referencia	9
Marco teórico.....	9
Banco de Baterías.	11
Motor D.C.....	14
Robótica móvil.	16
Cinemática de un robot móvil diferencial.	19
Marco conceptual	22
Actuador	22
Autodesk Inventor	22
CAD.....	22
Circuito electrónico	22
Diodo LED	22
Hardware	23
Kicad.....	23
Machine Learning.....	23
Microcontrolador	23

Potencia eléctrica.....	23
Potencia mecánica	23
Programación.....	23
Python.....	24
Reciclaje	24
Residuos	24
Robot	24
Sensor	24
Sistema de control	25
Sistema de locomoción.....	25
Software.....	25
Torque.....	25
Variable (en programación).....	25
Marco legal.....	25
Marco metodológico.....	29
Tipo de investigación	29
Variables del problema.....	29
Fuentes de Información	30
Instrumentos de recolección de la información	30
Tamaño poblacional y muestra.....	30
Cronograma	30
Resultados de la Investigación	35
Desarrollo del Objetivo 1 - Caracterización.....	35
¿Qué dice el mundo sobre los residuos?.....	35
Manejo de los residuos durante la pandemia.....	37

En la universitaria agustiniana.....	38
Desarrollo de Objetivo 2 – Selección de componentes de Instrumentación	50
Subsistema de movimiento.....	52
Subsistema de navegación.....	56
Controlador del vehículo.....	59
Componentes de seguridad.....	61
Fuente de alimentación.....	63
Sistema de identificación.....	79
Diagrama de instrumentación.....	82
Inteligencia artificial (IA).....	82
Desarrollo de Objetivo 3 - Estructura Mecánica	84
Necesidades y posibles limitaciones.....	84
Diseño de la estructura del prototipo.....	85
Desarrollo de Objetivo 4 - Validación.....	99
Construcción y Ensamble	99
Validación del funcionamiento mecánico, alimentación y reconocimiento.....	104
Costo-beneficio.....	111
Costo.....	111
Beneficios	115
Conclusiones.....	118
Recomendaciones	120
Referencias	122
Anexos.....	129

Lista de tablas

Tabla 1. Marco legal.....	26
Tabla 2. Variables del problema.....	29
Tabla 3. Diagrama de Gantt.....	30
Tabla 4. Catálogo de Elementos a reconocer por la I.A.	47
Tabla 5. Componentes de Instrumentación - Subsistema.....	51
Tabla 6. Selección de tipo de motor eléctrico	53
Tabla 7. Selección de Motorreductor	54
Tabla 8. Selección de tipo de sensor.....	56
Tabla 9. Selección de Sensor	57
Tabla 10. Selección de Microcontrolador.....	59
Tabla 11. Selección de Tipo de indicador lumínico	61
Tabla 12. Consumo de elementos de instrumentación	64
Tabla 13. Elementos conectados al banco de baterías de salida 12V	66
Tabla 14. Elementos conectados al banco de baterías de salida 5V	66
Tabla 15. Selección de tipo de batería	69
Tabla 16. Selección de Batería	71
Tabla 17. Selección de Conversor	73
Tabla 18. Selección de módulo cargador	74
Tabla 19. Selección de Convertidor para cargador (17V)	75
Tabla 20. Selección de conversor para banco de baterías	76
Tabla 21. Índice de clasificación AWG	78
Tabla 22. Selección del Tipo de cámara para el proyecto	79
Tabla 23. Selección del tipo de Esp32 cam	80
Tabla 24. Materiales a usar con su respectiva ficha técnica de sus propiedades mecánicas	86
Tabla 25. Tabla de evaluación de necesidades para diseño #1	87
Tabla 26. Tabla de evaluación de necesidades para diseño #2	90
Tabla 27. Resultados Generales o Resumen de resultados.....	93
Tabla 28. Tabla de evaluación del análisis de tensiones del diseño #2	95
Tabla 29. Matriz DOFA del prototipo	110
Tabla 30. Costos	112

Lista de figuras

Figura 1. Robot de la basura.....	1
Figura 2. Dustcart	2
Figura 3. Robot Clearbot	2
Figura 4. Caneca basura inteligente.....	2
Figura 5. Modelo de la red Mask-RCNN	3
Figura 6. Componentes Robot Explorador.	3
Figura 7. Configuraciones de baterías en serie y paralelo (12V y 24V).	13
Figura 8. Ciclo de vida de la batería	13
Figura 9. Ciclo de vida de la batería	14
Figura 10. a) Circuito transistor básico, b) circuito H, c) circuito H compuertas lógicas	15
Figura 11. Control de velocidad con retroalimentación	16
Figura 12. Circuito equivalente de un motor D.C. básico	16
Figura 13. Robot móvil con tracción tipo diferencial.....	18
Figura 14. Traslación de un Robot móvil por ruedas de tracción diferencial, con una misma dirección y velocidad	18
Figura 15. Traslación con giro de un Robot móvil por ruedas de tracción diferencial, con una misma dirección y a diferentes velocidades	19
Figura 16. Giro de un Robot móvil por ruedas de tracción diferencial, con dirección opuesta y una misma velocidad en cada una	19
Figura 17 . Localización en el plano Cartesiano	20
Figura 18. Desplazamiento relativo entre instantes de muestreo	21
Figura 19. Determinación de la distancia de desplazamiento	22
Figura 20. Resumen de los principales hallazgos de Oxfam y SEI	35
Figura 21. 12 M Toneladas generadas en el año 2020..	38
Figura 22. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2018.....	39
Figura 23. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2019.....	39
Figura 24. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2020.....	40
Figura 25. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2021	41
Figura 26. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2022.....	42
Figura 27. Total, de residuos generados desde el año 2018 a 2022	42

Figura 28. Datos estadísticos de la primera pregunta.....	44
Figura 29. Datos estadísticos de la segunda pregunta	45
Figura 30. Datos estadísticos de la tercera pregunta	45
Figura 31. Datos estadísticos de la cuarta pregunta.....	46
Figura 32. Diagrama subsistemas.....	51
Figura 33. Gráfica de selección de tipo de motor	54
Figura 34. Gráfica de selección del motorreductor	55
Figura 35. Gráfica de selección de tipo de sensor	57
Figura 36. Gráfica de selección de sensor	59
Figura 37. Gráfica de selección de Microcontrolador	61
Figura 38. Gráfica de selección de Indicador lumínico.....	62
Figura 39. Tamaños de disyuntores y cables.....	78
Figura 40. Gráfica de selección del tipo de cámara para el proyecto	80
Figura 41. Gráfica de selección de cámara tipo Esp32.....	81
Figura 42. Diagrama de Instrumentación tipo explosionado.....	82
Figura 43. Reconocimiento de: a) Cuchara, b) Manzana, c) Bola de papel, d) Vaso cartón, e) envase de plástico un solo uso.....	83
Figura 44. Pre-diseño de prototipo #1	85
Figura 45. Pre-diseño de prototipo #2	85
Figura 46. Pre-diseño de prototipo #3	86
Figura 47. Diseño #1 del prototipo.....	87
Figura 48. Diseño #2 del prototipo.....	89
Figura 49. Análisis de Tensiones - Tensión de Von Mises	92
Figura 50. Análisis de Tensiones - Primera tensión principal.....	93
Figura 51. Análisis de Tensiones - Tercera tensión principal	93
Figura 52. Base inferior	97
Figura 53. Parte modular de la superficie superior Parte 1	97
Figura 54. Parte modular de la superficie superior Parte 2	98
Figura 55. Parte modular de sección inferior de la forma cilíndrica (partes con rejillas)	98
Figura 56. a) modelo 3D en la impresora, b) impresión 3D.....	99
Figura 57. a) base del prototipo, b) base aplicada en inventor	100

Figura 58. Diseño en inventor espaciado medio	100
Figura 59. Diseño ensamblado espaciado medio.....	101
Figura 60. a) Ensamble modular tapa superior inventor, b) Ensamble físico superior	101
Figura 61. a) Construcción final inventor, b) construcción final impreso.....	102
Figura 62. Conexiones prototipo de un robot móvil con identificador de residuos	103
Figura 63. Prueba de indicadores LED.....	103
Figura 64. Toma de voltajes y amperajes	104
Figura 65. Movimiento de los motores y ovación de los obstáculos.....	105
Figura 66. Trayectoria robot móvil para detectar objetos de frente	105
Figura 67. Carpeta n y p	106
Figura 68. Código del archivo “prueba 1”.....	107
Figura 69. Parte del código completo de reconocimiento de los 5 residuos	107
Figura 70. Inicio de la programación en arduino IDE	108
Figura 71. a) Prueba de reconocimiento manzana, b) Reconocimiento manzana.....	108
Figura 72. a) Prueba de reconocimiento bola de papel, b) Reconocimiento de bola de papel.	109
Figura 73. a) Prueba de reconocimiento de cuchara, b) reconocimiento de cuchara	109
Figura 74. a) Prueba de reconocimiento recipiente plástico b) Reconocimiento recipiente plástico	109
Figura 75. a) Prueba de reconocimiento vaso de cartón, b) reconocimiento vaso de cartón..	110

Lista de anexos

Anexo 1. Plano de Base inferior	129
Anexo 2. Plano de parte modular de sección inferior de la forma cilíndrica (partes con rejillas), partel	130
Anexo 3. Plano de parte modular de la superficie superior, parte 1	131
Anexo 4. Plano de parte modular de la superficie superior, parte 2.....	132
Anexo 5. Plano de parte modular de la superficie superior, parte 3.....	133
Anexo 6. Plano de parte modular de la superficie superior, parte 4.....	134
Anexo 7. Plano de base superior	135
Anexo 8. Plano de parte modular de sección inferior de la forma cilíndrica (partes con rejillas), parte 2 y 3.....	136
Anexo 9. Plano de columnas inferiores.....	137
Anexo 10. Plano de columnas superiores.....	138
Anexo 11. Plano de uniones de sujeción de la base	139
Anexo 12. Plano de bisagra	140
Anexo 13. Plano de caneca.....	141
Anexo 14. Plano de parte modular de sección superior de la forma cilíndrica, parte 1	142
Anexo 15. Plano de parte modular de sección superior de la forma cilíndrica, parte 2	143
Anexo 16. Plano de parte modular de sección superior de la forma cilíndrica, parte 3	144
Anexo 17. Plano de parte modular de sección superior de la forma cilíndrica (puerta-1), parte 4	145
Anexo 18. Plano de parte modular de sección superior de la forma cilíndrica (puerta-1), parte 4	146
Anexo 19. Plano de llanta.....	147
Anexo 20. Plano de rueda loca.....	148
Anexo 21. Código para el Sistema de Mecánico y Sensórica	149
Anexo 22. Código Reconocimiento de cada Entrenamiento.....	152
Anexo 23. Código Completo del Reconocimiento de los Residuos.....	156
Anexo 24. Programación Arduino IDE.....	158

Problema de investigación

La utilización de robots móviles representa un avance tecnológico significativo que impacta en la sociedad al permitir el transporte de elementos, la realización de tareas automatizadas que implican movimiento desde o hacia una posición, y la conexión entre servicios y clientes, lo cual conlleva a una perspectiva diferente acerca de la tecnología. Si esta tecnología se implementa en conjunto con iniciativas ambientales, tales como la separación de residuos, es posible atraer la atención de las personas y generar conciencia acerca de la problemática ecológica que afecta al mundo.

Antecedentes del problema

El estudio de los robots móviles comienza a mediados del siglo XX y potenciado del siglo XXI, ahora la capacidad de los robots depende del sistema de aprendizaje que poseen (Inteligencia artificial, machine learning, big data, entre otros) estos sistemas permiten que el robot aprenda sobre lo que se desee como caminos, reconocimiento de objetos, toma de decisiones, etc. Esta es una de las características que los robots clasificadores de residuos necesitan aprender para lograr reconocer el residuo por medio de una cámara, utilizando el sistema Machine learning (BBVA, 2019).

La robótica móvil está compuesta por sistemas robóticos que pueden moverse en diferentes entornos y tienen diferentes habilidades para realizar tareas complejas de forma autónoma o controlada por un operador humano (Gil, 2022). En la actualidad, hay varios dispositivos que tienen estas propiedades y cumplen con los objetivos de segregación de residuos. Por ejemplo, ID&A lleva más de 25 años trabajando en dispositivos inteligentes y este robot tiene capacidad de mover contenedores individuales hasta 180 litros y funciona con tecnología 5g (Lidón, 2021).



Figura 1. Robot de la basura. Lidón (2021).

Por otro lado, La Unión Europea desde el 2006 ha estado desarrollando un proyecto llamado Dustcart, el cual contaba con un futuro de innovación en la robótica. Los modelos desarrollados gracias a esta iniciativa fueron Dustclean y Dustcart. Estos robots fueron diseñados para recoger basura y tiene como base un Segway (Georg y Chacón, 2010).



Figura 2. Dustcart. Georg y Chacón (2010).

Actualmente, la basura se encuentra no solo en la superficie de la tierra, sino también en lugares como lagos, ríos, mares y océanos de la tierra. Por este motivo, existe un proyecto llamado Clearbot. Su propósito es recolectar grandes cantidades de plástico todos los días. Esta información se envía a una nube, donde se almacena la información para su investigación y análisis para encontrar la raíz del problema. El robot fue desarrollado por Ocean Engineering, con sede en Hong Kong (Microsoft Prensa, 2022).



Figura 3. Robot Clearbot. Microsoft prensa (2022).

Natalia Zamudio desde su investigación, desarrolló un prototipo sobre un bote de basura inteligente que automáticamente clasifica correctamente los residuos planteados por la misma autora. Adicional, el robot puede gestionarse a través de una aplicación móvil. Es un proyecto que se basa en plantear una alternativa para solucionar uno de los problemas principales cuando se recicla y es el desconocimiento de las causas que afecta el medio ambiente (Zamudio, 2022).

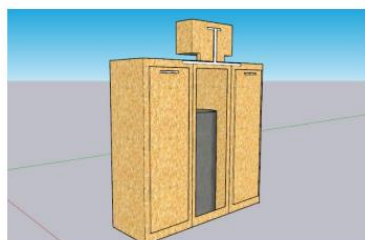


Figura 4. Caneca basura inteligente. Zamudio (2022).

Con respecto a la inteligencia artificial, hay un proyecto llamado “Clasificación y manipulación de basura doméstica utilizando deep-learning”. Este artículo presenta una aplicación de detección

que utiliza redes de aprendizaje profundo para clasificar los residuos en el ámbito doméstico. De manera similar, después del reconocimiento, se determina su posición para obtener un punto de agarre para que un brazo robótico con pinzas de dedos paralelos pueda hacerlo automáticamente.

A continuación, se presenta el algoritmo utilizado y resultados experimentales que pueden validar la bondad de la propuesta.

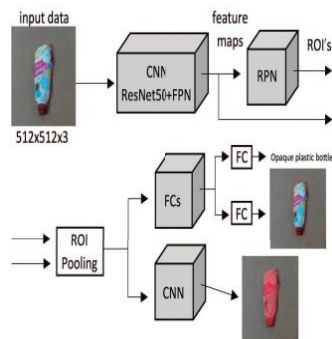


Figura 5. Modelo de la red Mask-RCNN. Puente, Gil, Gea (2022).

Como resultado de esta investigación realizada por Santiago Puente y Victor de Gea, se puede concluir que las pruebas realizadas al funcionamiento que calcula el agarre a partir de predicciones del modelo Mask-RCNN, demuestran que el desarrollo del proyecto (Mask RCNN) con respecto a su modelo de cálculo, es correcto y viable (Puente, Gil, y Gea, 2022).

En cuanto a la parte de movimiento, se da el desarrollo del “Diseño y producción de un robot de exploración del terreno” de la universidad Politécnica Dalesian sede Guayaquil. El proyecto se basa en adquirir el conocimiento necesario para la construcción de un robot móvil de tipo exploración y funcionamiento desde el apartado de diseño e implementación (Almeida y Ochoa, 2013).

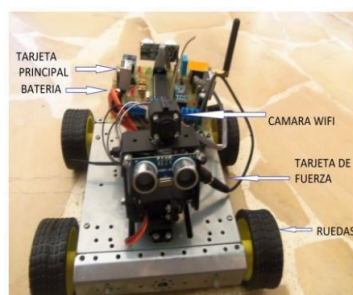


Figura 6. Componentes Robot Explorador. Almeida y Ochoa (2013).

Descripción del problema

Es importante fomentar el conocimiento de la separación de residuos por parte de las personas en lugares públicos cerrados (centros comerciales, universidades, colegios, aeropuertos, entre otros.) es un problema que afecta al medio ambiente, generando contaminación ambiental y visual. En promedio un centro comercial recolecta diez toneladas de residuos orgánicos semanales, seis toneladas de cartón y 600 kilogramos de plástico (Publimetro, 2021).

Sin embargo, los residuos en su mayoría no se clasifican de manera correcta, y algunas de las razones se mencionan en el siguiente artículo del periódico “El Tiempo”. Dice Rey (2022): “...Segundo, no son efectivas las campañas existentes para crear conciencia. En tercero y cuarto lugar menciona el poco interés que existe respecto al reciclaje por el esfuerzo que conlleva hacerlo y la creencia generalizada en la población de que los efectos perversos de no reciclar son algo lejano y que ellos no estarán vivos para padecer sus consecuencias.”

Esto conduce a los siguientes daños principales: Primero, la mayoría de los desechos sin clasificar contaminan el medio ambiente. Por ello, los residuos no clasificados son incinerados, generando gases tóxicos y cenizas que afectan a la atmósfera y aumentan los gases de efecto invernadero, incrementando la polución (Receco, 2019). Segundo, la falta de organización de los lugares públicos cerrados genera desagrado visual y malos olores (Receco, 2019), lo que provoca insatisfacción entre quienes transitan por el lugar, generando escasez e incomodidad. Entre otros problemas.

La clasificación de los desperdicios es el proceso de selección y agrupación de residuos sólidos y líquidos generados en las diferentes actividades humanas (Ferrovia, 2021), este proceso en algunos casos no se realiza adecuadamente. Además, hay que tener en cuenta el origen de estos desechos: domésticos, biodegradables y peligrosos (Ferrovia, 2021).

Los operarios que manipulan residuos pueden tener accidentes laborales, debido a la mala organización de la separación por parte de las personas, estos riesgos laborales pueden derivar en cortes, golpes por objetos o herramientas en la selección de elementos (vidrios, latas, huesos o espinas de restos de comida, entre otros objetos). Además, lleva a un sobreesfuerzo al manipular restos voluminosos para depositar en diferentes ubicaciones (Canales sectoriales, 2017).

Pregunta de investigación

¿Cómo construir un prototipo de un robot móvil que tenga la capacidad de identificar los tipos de residuos según su clasificación: aprovechables, no aprovechables y orgánicos aprovechables?

¿De tal manera que le indique al usuario en qué depósito de basura botarlo?

Objetivos

Objetivo general

Construir un prototipo de un robot móvil que tenga la capacidad de identificar los tipos de residuos según su clasificación: aprovechables, no aprovechables y orgánicos aprovechables. De tal manera que le indique al usuario en qué depósito de basura debe botarlo.

Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar el proceso de identificación de residuos según su clasificación, aprovechables, no aprovechables y orgánicos aprovechables.
- ✓ Seleccionar los componentes de instrumentación, necesarios para la construcción del robot móvil.
- ✓ Proponer un diseño para la estructura mecánica del robot móvil con identificador de residuos.
- ✓ Validar el prototipo del robot móvil con identificador de residuos.

Justificación

Conocedores e individuos especializados en el cuidado del medio ambiente están preocupados por el problema del poco conocimiento de la sociedad sobre el proceso de desechos residuales, la normalización y clasificación expresada en los decretos nacionales de protección del medio ambiente, además, la encuesta de investigación publicada en el periódico “El Tiempo” realizada por Rey (2022), donde se entrevistaron a 11.500 personas de 28 diferentes países, expresa que el 25% de las personas no saben cómo participar en los programas de reciclaje, un 12% dijo que reciclar era moderadamente importante y un 4% que no era relevante, por lo que esta investigación está destinada al desarrollo de un prototipo con la capacidad de indicarle al usuario del lugar delimitado de estudio, y al aporte de esta problemática.

El prototipo a desarrollar este trabajo aportará un proceso intrínseco de enseñanza a un individuo, donde indirectamente aprenda en que depósito de residuos debe introducir el elemento que él desea desechar, con el fin de aumentar el conocimiento en la cultura general de la sociedad en el que se encuentra el área delimitada mencionada, y reducir las estadísticas que evidencian el bajo entendimiento e interés que tienen los individuos en la clasificación de residuos, para saber en qué lugar se deben depositar. Por ende, los beneficiarios son: la sociedad futura, el medio ambiente y los mismos usuarios del lugar. Adicional, se presenta un catálogo el cual menciona los elementos a reconocer, relacionados a los tipos de residuos escritos en el objetivo general.

El proyecto se desarrolla con el fin de optar por el título de ingeniero mecatrónico, debido a la aplicación del saber adquirido durante el proceso de formación desarrollado en la Universitaria Agustiniense. La solución propuesta en el proyecto se puede realizar a través de la aplicación de la ingeniería mecatrónica, los conocimientos y teorías que responden al desarrollo del prototipo, debido que plantea acción de un proceso automatizado, el cual reduce la implicación de un esfuerzo de un individuo, y da evidencia al conocimiento e interés en los residuos aprovechables de una cantidad de personas de una muestra. La población delimitada de estudio revela un deseo rápido y concreto en deshacerse de los residuos generados de su consumo, por un rápido estilo de vida, donde el tiempo es un factor importante para cuidar en las rutinas diarias de cada individuo de una población, afirmación que explica el poco esfuerzo de entender o practicar la correcta y normalizada acción del desecho de residuos. Esto da la oportunidad de solventar tal problema, sin afectar ese factor importante de tales individuos de manera abrupta, manteniendo su interés y tranquilidad. Para lograr tal oportunidad es necesario tener en cuenta el desarrollo de una estructura

mecánica; la implementación de Instrumentación, en la medición, conexión, conversión, y calibración de elementos de voltaje de corriente directa; y la programación de la acción del prototipo, en el conjunto de instrucciones que se desea realizar.

Marco de referencia

Con el fin de construir un prototipo se propone una metodología de diseño como rúbrica del proyecto, por esta razón y en análisis de las metodologías existentes se seleccionó la propuesta de Bruce Archer, ya que basa su método para elegir materiales correctos y satisfacer necesidades estéticas y de función, dentro de las limitaciones de los medios de producción disponibles, esta metódica se compone de tres fases:

En primer lugar, la fase analítica se fundamenta en cinco componentes, entre ellos la recolección de datos, ordenamiento, evaluación, definición de condicionantes, estructura y jerarquización. La recolección de datos toma toda la información necesaria para el conocimiento y desarrollo del proyecto e investigación de referencias de otros similares, para lo cual se recogió datos de la cuestión, debido que, encontrando el problema se buscan las causas y consecuencias, esto permite proponer una posible solución.

En segundo lugar, la fase creativa se establece otros cinco componentes, estos son: implicaciones, formulación de ideas rectoras, toma de partida, formalización de la idea y por último en la fase, la verificación.

En tercer y último lugar la fase de ejecución, establece los últimos componentes del diseño, estos son: valoración crítica, ajuste de la idea, desarrollo, proceso iterativo, materialización y verificación.

Marco teórico

Dado que el prototipo manejará Machine learning se dará una serie de pasos, estos los cuales son los óptimos para desarrollar una red neuronal adecuada, también, se dará un pequeño concepto y técnicas.

Machine learning: es un método de análisis de datos que automatiza la construcción de modelos analíticos. Además, es una rama de la inteligencia artificial en la cual los sistemas aprendan datos, tomar decisiones e incluso identificar patrones con una intervención humana mínima (SAS, 2021).

Las técnicas para generar más datos son las siguientes:

- Árbol de decisiones
- Regresión lineal y polinómica
- Redes neuronales
- Red bayesiana
- Cadenas de marvok

Estas técnicas permiten al machine learning (ML) extraer conocimiento, reconocer patrones, buscar información e incluso puede predecir situaciones futuras (Manrique Rojas, 2020).

Para hacer una red neuronal es necesario una serie de pasos el cual nos da el libro Python Machine Learning de los autores Sebastian Raschka y Vahid Mirjalili.

Primero, dar a las computadoras la capacidad de aprender datos. En este apartado es necesario tener otros pasos adicionales como: construir el conocimiento en las máquinas para transformar datos en conocimiento.

Primero: Dar a las computadoras la capacidad de aprender datos.

- construir el conocimiento en las máquinas para transformar datos en conocimiento
- Los tres diferentes tipos de machine learning
 - Hacer predicciones futuras con aprendizaje supervisado
 - Resolviendo problemas interactivos con aprendizaje reforzado
 - Descubrir estructuras ocultas con aprendizaje no supervisado
- Dar una terminología básica y notaciones
- Crear un mapa en el cual se dé la construcción de sistemas de machine learning.
- Usar Python para programar la machine learning

Segundo: Entrenando la machine learning simple con algoritmos para clasificación.

- Neuronas artificiales
- Implementar un algoritmo de aprendizaje perceptrón en Python
- Alinear la neurona y aprendizaje convergente

Tercero: Recorrido por el clasificador del machine learning

- Elegir la clasificación del algoritmo
- Entrenar un perceptrón
- Modelando clases probabilístico con vía de lógica de regresión
- Máxima clasificación de margen con soporte de vector máquinas
- Resolver problemas no lineales usando kernel SVM
- Decisión de los tres aprendizajes

Cuarto: Procesando datos

- Tratar con datos faltando
- Manejo categórico de datos

- Dividir un conjunto de datos en conjuntos separados de entrenamiento y prueba
- Llevar característica a la misma escala
- Seleccionar características significativas
- Evaluación de las características con random forests

Quinto: reducir datos por medio de reducción de dimensionalidad

- Análisis de componentes
- Compresión de datos supervisada mediante una discriminación de datos
- Analizar mapeo no lineal

Sexto: Aprender las mejores prácticas para la evaluación de modelos y el ajuste de hiperparámetros

- Agilización de flujos de trabajo con canalizaciones
- Evaluar el rendimiento del modelo
- Algoritmos de depuración
- Ajuste fino de modelos de machine learning
- Mirar diferentes métricas de evaluación de desempeño
- Observar con el desequilibrio de clases

Séptimo: combinar diferentes modelos para el aprendizaje ensamblado

- Aprendizaje y ensamble
- Combinar clases
- Construir un ensamble de clasificación
- Muestras de arranque

Los pasos pueden variar dependiendo del machine learning a desarrollar.

Banco de Baterías.

Se explica como un conjunto de celdas o baterías de recarga cíclica conectadas en serie y/o paralelo, las cuales entregan un voltaje nominal junto a una capacidad de energía almacenada, según su configuración. Tales voltajes dados frecuentemente son 12, 24, 36 y 48 voltios. Su capacidad es una cantidad fija de energía eléctrica de almacenaje, comparte su magnitud en Amperes-hora (Ah), y dice la cantidad de energía eléctrica que una batería puede almacenar en su interior o entregar a un conjunto de elementos electrónicos antes de una descarga completa. La capacidad de descarga se expresa con el siguiente ejemplo, una batería de 100Ah, entrega una

corriente de “1 A durante 100 horas, 2 A por 50 horas o 4 A por 25 horas” donde se expresa en la siguiente relación,

$$\text{Capacidad} = \text{Corriente (A)} \times \text{horas} \quad (1)$$

En la realidad no se sigue por completo la tendencia anterior de descarga, debido al *índice de descarga* de una batería, la cual afecta la misma capacidad de la batería. Por ejemplo, si se descarga la batería del ejemplo anterior con un índice de 4 A, esta misma solo podría dar una sola corriente de 20 A, entregando realmente una capacidad de 80 Ah. Se debe tener en cuenta que los fabricantes de baterías dentro de las hojas de datos de sus baterías entregan un valor junto a la letra C, las tasas o índices propios, por ejemplo, C100 que asegura una descarga completa de la capacidad de la batería en 100 horas con un índice de 1 A, o C20 que asegura la descarga de la capacidad de la batería en 20 horas con un índice de 4 A, dando respectivamente, una capacidad de 100 Ah (C100) y 80 Ah (C20) (Vásquez, 2015, pp. 171-172).

Entendiendo lo anterior se debe tener en cuenta las siguientes características (Vásquez, 2015, pp. 172-185):

- La carga recibida en amperes-hora al multiplicarse por el voltaje que mantiene la batería, expresa su alimentación en vatios-hora (Wh).
- Las baterías tienden a perder eficiencia o un porcentaje de energía en calor por los procesos de cargas y descargas. Esta pérdida puede ser alrededor del 20%, dependiendo del tipo de batería y su estado en el tiempo.
- Las corrientes bajas son las óptimas y eficientes para cargar baterías y no tener pérdidas significativas. Estas baterías no deben ser cargadas con corrientes más altas a la décima parte de la capacidad que mantiene.
- La cantidad de energía demandada de una batería se calcula multiplicando “la corriente de descarga por el tiempo el tiempo de uso de carga”. Por ejemplo, un elemento consume 1.2 A durante 5 horas, al multiplicarse expresan 6 Ah de capacidad de energía.
- Al cargarse una batería con un generador de C.D o rectificador de C.A/C.D., se producen pérdidas durante el proceso de carga, debido a esto, se debe tomar un incremento del 15% en el tiempo de carga.
- Durante un cierto tiempo de no uso en condiciones de circuito abierto, aparece un fenómeno llamado *auto-descarga*, la cual se produce cuando una batería está

previamente cargada. Esta expresa la pérdida de capacidad de energía en el tiempo, dependiendo de la temperatura a la que este experimentando la batería.

- Las celdas del banco de baterías se pueden conectar en serie, en paralelo o serie-paralelo (Vásquez, 2015, p. 185).
 - Si la conexión de las celdas de batearías están en serie, se adicionan los voltajes y se mantiene el mismo Ampere-hora.
 - Si la conexión de las celdas de batearías están en paralelo, se adicionan los Ampere-hora y se mantiene el mismo voltaje
 - Si la conexión de las celdas de batearías están en serie-paralelo, se combinan las características mencionadas y la energía total almacenada (en Wh).

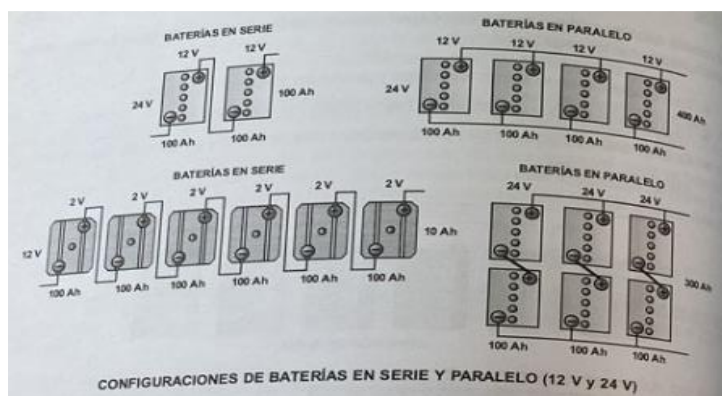


Figura 7. Configuraciones de baterías en serie y paralelo (12V y 24V). Vásquez (2015).

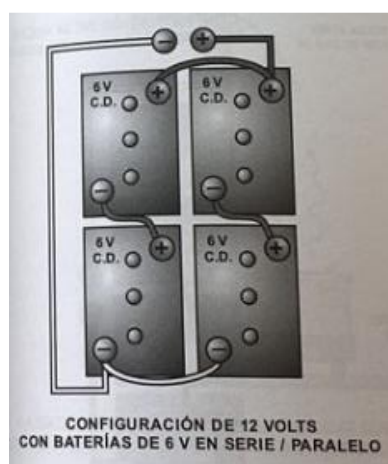


Figura 8. Ciclo de vida de la batería. Vásquez (2015).

Ciclos de Vida. En una batería, cada periodo de carga y descarga que experimenta, se le denomina como “ciclo”, por ejemplo, en un ciclo se carga una batería al 95% para después descargarla al 75% de su estado de carga. “El ciclo de vida nominal de un batería”, expresa el

número de ciclos que una batería tiene antes de que su capacidad real baje al 80%. Aunque, hay que tener en cuenta, que este valor está determinado por la “profundidad de descarga promedio por ciclo”, el cual, entre más bajo sea, la batería tendrá un final más largo. La profundidad de descarga expresa antes de que una batería es cargada de nuevo, cuanto se ha descargado en un ciclo.

Por ejemplo, si una batería experimenta un 20% de profundidad de descarga, se logra identificar que tiene un 80% de estado de carga. Y si se tiene otra batería con 75% de profundidad de descarga, se infiere que tiene un 25% de estado de carga. Se recomienda que el ciclo de una batería no se descargue por debajo del 20% de profundidad de descarga, de las bases reguladas de estado de carga (Vásquez, 2015, pp. 177-178).

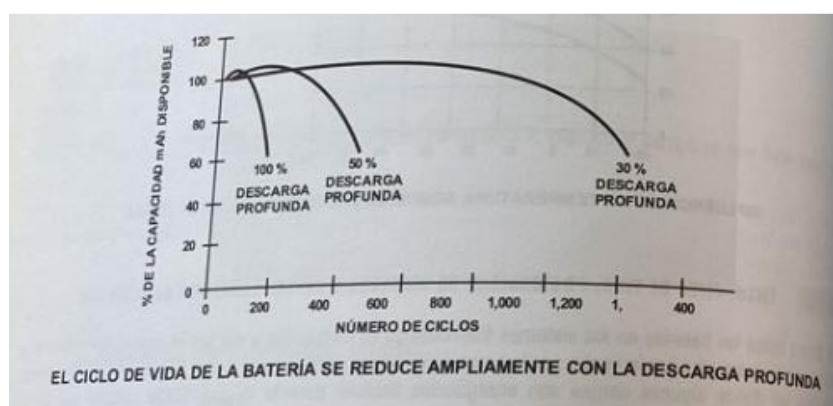


Figura 9. Ciclo de vida de la batería. Vásquez (2015).

Controladores de carga y protección contra sobrecargas. Un controlador monitorea el estado del proceso de carga de una batería y determina su suministro de potencia de alimentación, además de contar con un dispositivo de protección contra sobrecargas. Estas funcionan a través de cuatro etapas: etapa de bloque de carga, etapa de carga de absorción, etapa de flotación, y etapa de igualación. Y se dividen en cuatro tipos. *Reguladores o controladores tipo serie*, los cuales utilizan relevadores o switches electrónicos entre el módulo y la batería para lograr desconectarlos cuando se llega al voltaje de ajuste; *reguladores o controladores paralelos (Shunt)*, que trabajan en paralelo entre el módulo de entrega de potencia y la batería, disminuyendo progresivamente tal entrega; y *controladores de modulación de pulso de ancho (PWM)*, dispositivos que envían pulsos de ancho al módulo de suministro de potencia para regular la carga en la batería, los cuales varían dependiendo del estado que mantenga (Vásquez, 2015, pp. 193-197).

Motor D.C.

La velocidad de un motor de imán permanente es directamente proporcional a la magnitud de corriente obtenido por el devanado, tal velocidad se modifica variando está misma corriente. Para

lograr controlar esta velocidad, se necesita bajo una configuración electrónica modificar el voltaje de entrada aplicada al motor. En el control básico de un motor D.C. se utiliza la técnica de *modulación por ancho de pulsos (PWM)*, la cual obtiene la variación deseada bajo un arreglo de transistores básicos, donde cada uno se desactiva o activa dependiendo de la señal de pulso (PWM). Esta técnica se produce a través de un microprocesador y teniendo en cuenta el uso de una fuente de voltaje D.C. constante, además, divide en secciones su voltaje con el objetivo de variar su voltaje. Se debe usar un diodo para proteger el circuito y guiar la trayectoria de la corriente que se produce cuando un transistor es desconectado, porque el motor se convierte en generador. Si se desea obtener una dirección de giro en el motor D.C., se debe realizar un circuito de cuatro transistores, conocido como circuito H. Este funciona mejor, modificando su configuración a través de compuertas lógicas para controlar la conmutación realizada en una entrada y la dirección de giro en otra (Bolton, 2010, p. 223).

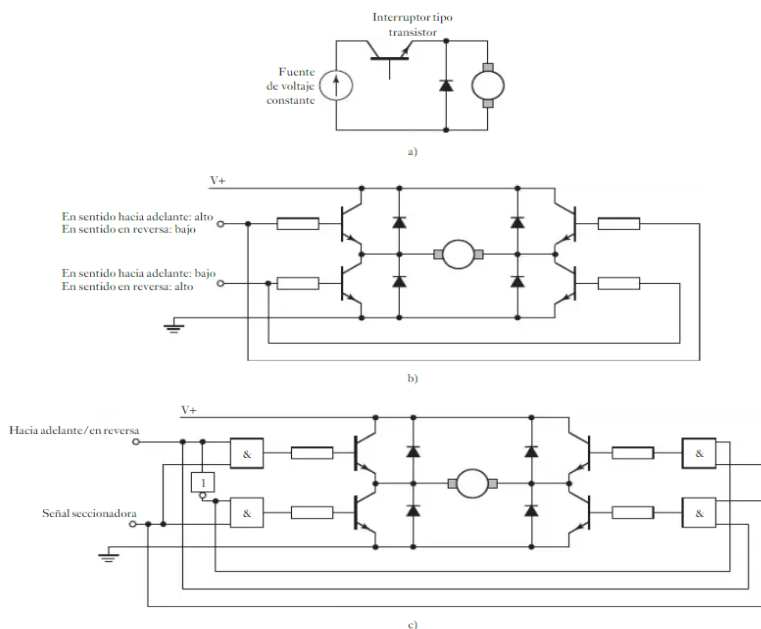


Figura 10. a) Circuito transistor básico, b) circuito H, c) circuito H compuertas lógicas. Bolton (2010).

Si el motor experimenta condiciones que cambian durante un tiempo, se opta la mayoría de las veces por el uso de una retroalimentación, esta se implementa en un sistema de control de malla cerrada para modificar la velocidad del motor (Bolton, 2010, p. 223).

Existe una configuración en el sistema de control donde se hace uso de un codificador. Este produce una señal de retroalimentación y correspondientemente, una señal digital que es convertida

por una conversión de código hacia el microprocesador. El sistema hace uso de la técnica PWM para el control de voltaje promedio (Bolton, 2010, p. 223).

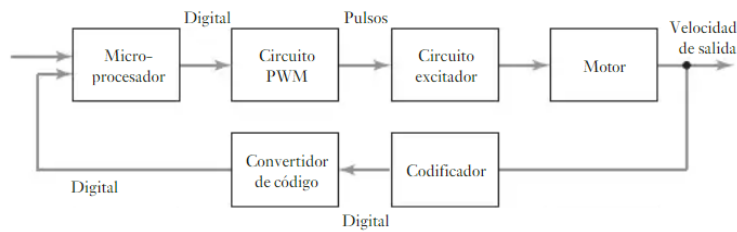


Figura 11. Control de velocidad con retroalimentación. Bolton (2010).

Un motor D.C. consta básicamente de una bobina y una resistencia que utilizan cierto voltaje y una corriente en común en lazo cerrado, al tener en cuenta un voltaje de entrada y una salida, se puede ver reflejado en un circuito equivalente.

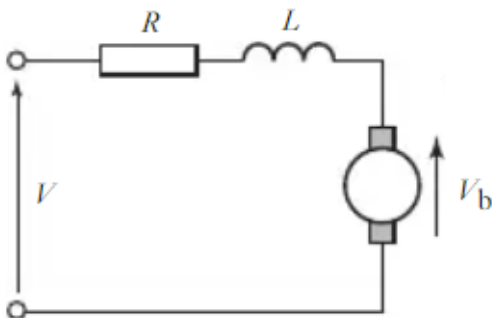


Figura 12. Circuito equivalente de un motor D.C. básico. Bolton (2010).

Robótica móvil.

Los robots móviles (ARM) se basan en una rama de la robótica que por medio de la tecnología resuelve problemas complejos utilizando áreas de control, programación, instrumentación, inteligencia artificial, etc. Generalmente, es utilizada en varios campos de la industria, por ejemplo, manipuladores móviles, Recolectores de información (exploradores), para envíos, entre otros.

Así mismo también existen distintos tipos de robots móviles como: robots móviles autónomos (AMR), Vehículos de guiado automático (AGV), Androides Móviles, Zoomorfos con patas y sin patas, aviones no tripulados (UAV)

La trayectoria también se puede planificar dinámicamente teniendo en cuenta la posición actual del vehículo y los puntos intermedios de adelantamiento definidos en el plan de ruta. La trayectoria es modificada por eventos no contabilizados. La definición de la trayectoria debe tener en cuenta las propiedades cinemáticas del vehículo [...] Además de las propiedades geométricas y

cinemáticas, puede ser necesario considerar un modelo dinámico del comportamiento del vehículo que tenga en cuenta la interacción vehículo-terreno. Por otro lado, también pueden surgir problemas de planificación de la velocidad considerando la naturaleza del terreno y el camino recorrido [...] una vez realizada la planificación de la trayectoria, es necesario planificar movimientos concretos y controlar dichos movimientos para mantener al vehículo en la trayectoria planificada. De esta forma se plantea el problema del seguimiento de caminos, que para vehículos con ruedas se concreta en determinar el Angulo de dirección teniendo en cuenta la posición y orientación actual del vehículo con respecto a la trayectoria (Baturone, 2001, p. 9).

La robótica móvil en cuanto su movimiento se basa en vehículos con ruedas, es una forma eficiente de traslación, siempre y cuando el terreno sea firme y generalmente libre de obstáculos, bajo esta idea existen diferentes configuraciones o tipos de locomoción para los vehículos con ruedas.

Para empezar la configuración Ackerman, normalmente se usa en los vehículos convencionales y por ejemplo los robots para exteriores adoptan esta mecánica. Triciclo clásico, este sistema que genera movimiento posee tres ruedas una delantera y dos traseras, siendo la de adelante quien da la dirección. Direccionamiento diferencial, consta de dos ruedas o tres (pero la tercera rueda se caracteriza por ser solo de apoyo) este movimiento es dado por la diferencia de velocidades entre las dos llantas que generan la locomoción (Baturone, 2001, p. 29).

Por consiguiente, el sistema de locomoción Skid Steer, su función se basa en tener varias ruedas en cada lado del vehículo que actúan de forma síncrona, de este tipo de configuración existe una variante que se le conoce porque sus ruedas al igual que el Skid Steer son varias, pero estas están cubiertas por pistas de deslizamiento conocido como tipo oruga (Baturone, 2001, p. 29).

Por un lado, aún existe más tipos de configuraciones y variantes, para fines del presente trabajo de investigación el movimiento del robot móvil se basará en el sistema de locomoción de direccionamiento diferencial ya que por su teoría permite un movimiento preciso y simple.

Robot Móvil con ruedas de tracción diferencial. El robot móvil con tracción diferencial es uno de los más populares y usados, por su simpleza. Este mismo usa un sistema de transmisión de dos ruedas, cada una independientemente unida a un motor, el cual permite que su movimiento efectivo se base en la diferencia de velocidades producida por cada rueda y motor, solo si, la posición axial de cada una esté puesta en un mismo eje virtual. Normalmente, para mejorar la estabilidad del

robot, se usa una rueda libre en una posición adecuada de su base, la cual su movimiento actúa pasivamente y en concordancia al de las ruedas junto a su respectivo motor (Roboticoss, 2021).

--- Eje

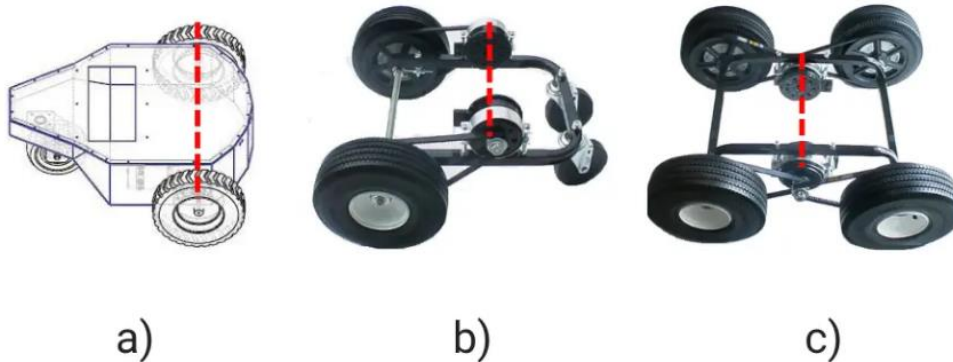


Figura 13. Robot móvil con tracción tipo diferencial. Roboticoss (2021).

Principio de funcionamiento de un robot móvil por tracción diferencial.

- a) Inicialmente, si cada rueda realiza un movimiento giratorio hacia la misma dirección, y a una misma velocidad, el robot se trasladará rectamente hacia la dirección y sentido indicado, sea adelante o atrás (Roboticoss, 2021).

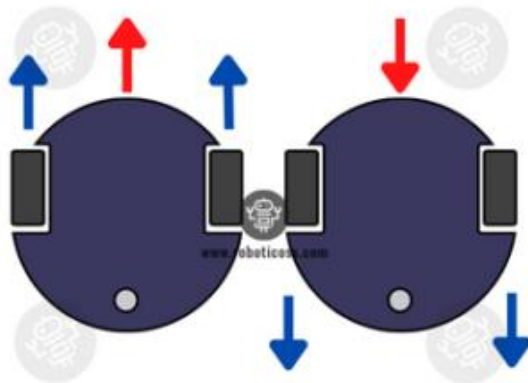


Figura 14. Traslación de un Robot móvil por ruedas de tracción diferencial, con una misma dirección y velocidad. Roboticoss (2021).

- b) Secuencialmente, si cada rueda realiza un movimiento giratorio hacia la misma dirección, pero a velocidades diferentes constantes o graduales con respecto a la otra, el robot producirá un giro a una dirección lateral, sea izquierda o derecha, dependiendo de cuál motor genere más velocidad en comparación al otro. Por ejemplo, si la rueda izquierda está

a una velocidad angular mayor con respecto a la rueda derecha, el robot realizará un giro en su traslación hacia su derecha (Roboticoss, 2021).

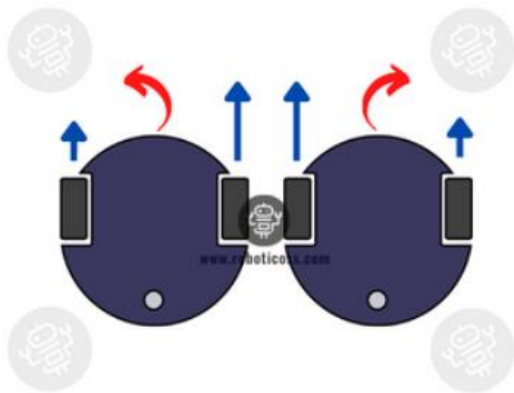


Figura 15. Traslación con giro de un Robot móvil por ruedas de tracción diferencial, con una misma dirección y a diferentes velocidades. (Roboticoss, 2021).

- c) Finalmente, si cada rueda realiza un movimiento giratorio en dirección opuesta y a una misma velocidad con respecto a la otra, el robot móvil girará en un mismo punto o en su propio eje vertical, sea en sentido horario o anti-horario (Roboticoss, 2021).

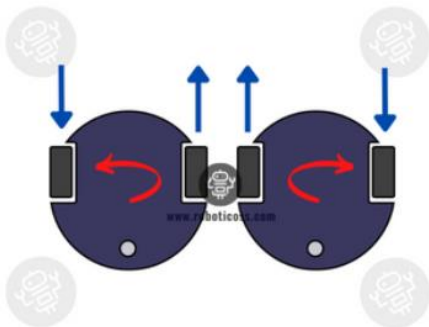


Figura 16. Giro de un Robot móvil por ruedas de tracción diferencial, con dirección opuesta y una misma velocidad en cada una. Roboticoss (2021).

Cinemática de un robot móvil diferencial.

Un robot móvil diferencial tiene dos ruedas de tracción en conjunto a dos motores y dos ruedas de apoyo, que posibilitan el movimiento y estabilidad al realizar una trayectoria o estar en reposo. Su movimiento se expresa en dos tópicos en específico, traslación y rotación, las cuales, son determinadas por el movimiento independiente de cada rueda. Por lo cual, el propósito de su modelamiento es el control de la velocidad que experimenta cada llanta junto a su motor, en función

de los diferentes parámetros físicos y geométricos que mantiene en su movimiento y posicionamiento, dentro de un plano bidimensional. (Valencia, Montoya, y Rios, 2009, p. 191).

Se explica que, dentro de su modelo, las ecuaciones cinemáticas que se expresan del punto medio del eje supuesto que existe entre las ruedas motrices, referidas a un sistema global, son:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= v(t) \cdot \cos(\theta(t)) \\ \dot{y} &= v(t) \cdot \text{sen}(\theta(t)) \\ \dot{\theta} &= w(t)\end{aligned}\quad (2)$$

(Estas ecuaciones son tomadas, teniendo en cuenta la localización del robot por tracción diferencial en el plano cartesiano).

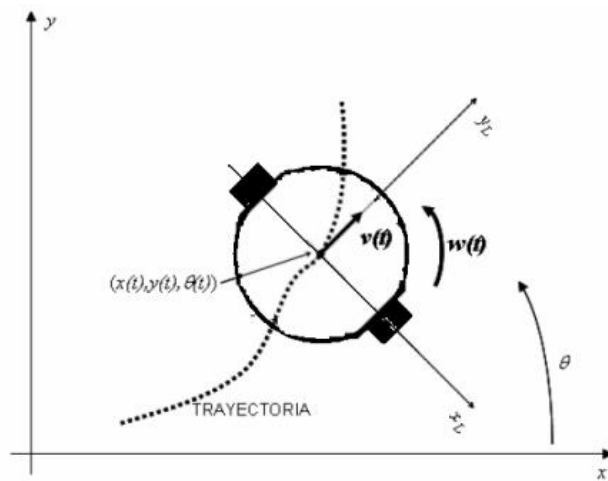


Figura 17 . Localización en el plano Cartesiano. Valencia, Montoya, y Rios, (2009)

La posición y la orientación del robot es determinada aplicando una integración a las velocidades que experimenta en un intervalo de tiempo Δt :

$$\begin{aligned}x(t) &= x(t_0) + \int_{\Delta t} v(t) \cdot \cos(\theta(t)) dt \\ y(t) &= y(t_0) + \int_{\Delta t} v(t) \cdot \text{sen}(\theta(t)) dt \\ \theta(t) &= \theta(t_0) + \int_{\Delta t} w(t) dt\end{aligned}\quad (3)$$

Si el intervalo de tiempo Δt , tiende a un valor 0, entonces las integrales pueden ser reemplazadas por movimientos diferenciales Δx , Δy , $\Delta\theta$.

Al sostener una frecuencia constante de muestreo, la cual este elevado sobre la odometría de un robot móvil, se logra estimar su posición y orientación.

$$\begin{aligned}
 x_k &= x_{k-1} + \Delta x_k \\
 y_k &= y_{k-1} + \Delta y_k \\
 \theta_k &= \theta_{k-1} + \Delta \theta_k
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

La velocidad angular (ω) que experimenta cada rueda se mantiene constante dentro del intervalo de tiempo de muestreo.

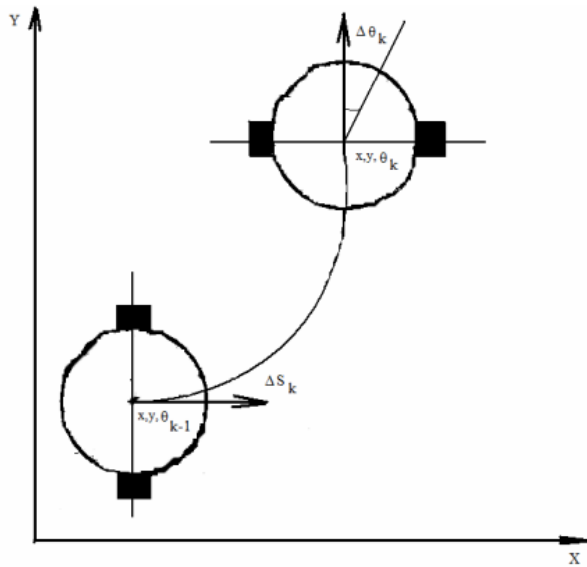


Figura 18. Desplazamiento relativo entre instantes de muestreo. Valencia, Montoya, y Rios (2009).

Donde, ΔS se conoce como la distancia angular o arco que recorre el robot móvil, teniendo como referencia la distancia que hay entre el punto central del eje supuesto y su centro instantáneo de rotación (CIR), en un intervalo $(k-1, k)$. El $\Delta \Theta_k$ se entiende como el cambio de orientación en el intervalo de tiempo mencionado (Valencia, et al., 2009, p. 192).

Cálculo de distancia recorrida (con codificadores incrementales). Determinar la distancia de recorrido del robot móvil diferencial, consta de 4 variables (Valencia, et al., 2009, p. 193),

- S = distancia recorrida
- R = radio de la rueda
- PPV = pulsos por vuelta
- C = número de pulsos recorridos

Con estas variables se construye la siguiente ecuación para el cálculo:

$$S = \frac{R \cdot 2\pi}{PPV} \times C
 \tag{5}$$

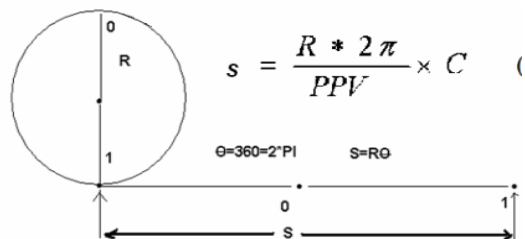


Figura 19. Determinación de la distancia de desplazamiento. Valencia, Montoya, y Rios (2009).

Marco conceptual

Para una mejor comprensión del documento se darán conceptos clave:

Actuador

Es un dispositivo mecánico importante cuya función es proporcionar la fuerza motriz o "potencia" de otro dispositivo mecánico. Un controlador crea una respuesta al recibir un impulso y convertirlo en una acción. La energía que acciona el actuador proviene de tres fuentes diferentes: presión neumática, presión hidráulica y energía eléctrica. El activador lleva el nombre del origen de la fuerza (Genera Creative Group, 2020).

Autodesk Inventor

Es un software CAD (diseño asistido por computadora) desarrollado por Autodesk para modelado, visualización y documentación mecánica en 2D Y 3D en un solo entorno para crear una representación virtual del producto final, lo que permite validar la forma, el ajuste y la función del producto antes de construirlo (3Dnatives, 2022).

CAD

El diseño asistido por computadora (CAD) es el uso de programas de computadora para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como alternativa al diseño manual y la creación de prototipos de productos (SIEMENS, 2018).

Circuito electrónico

Una estructura de placas hechas de materiales semiconductores, materiales activos y pasivos. Su función es crear un camino perfecto para que fluya la corriente (Electronic Board, 2021).

Diodo LED

Es una pequeña fuente de luz que se ilumina por el movimiento de electrones a través de un material semiconductor. Las familias de semiconductores se pueden incorporar en dispositivos que

emiten luz en gran parte del espectro visible cuando se excitan eléctricamente (MRSEC Education Group, 2020).

Hardware

Son los elementos físicos o materiales que integran un ordenador o sistema informático, es decir, sistemas eléctricos, electrónicos, electromecánicos, mecánicos y todos sus elementos físicos. Todos son parte del hardware (Apen, s.f.).

Kicad

Es un programa tipo software para la construcción del diseño eléctrico que facilita la creación de planos esquemáticos para circuitos electrónicos y con conversión a placa de circuito impreso (Universidad de los Andes, 2021).

Machine Learning

Es una disciplina en el campo de la inteligencia artificial que utiliza algoritmos para permitir que las computadoras reconozcan patrones en grandes cantidades de datos, este aprendizaje permite que la computadora realice ciertas tareas de manera independiente, es decir, sin programación (Iberdrola, 2019).

Microcontrolador

Es un circuito integrado, que es el componente principal del programa integrado. Es como un pequeño ordenador con sistemas de control de elementos de entrada/salida. También incluye el procesador y por supuesto la memoria que tiene la capacidad de almacenar el programa y sus variables (Flash y RAM) (Marmolejo, 2017).

Potencia eléctrica

Parámetro que representa la cantidad de energía eléctrica transferida por unidad de tiempo desde la fuente de alimentación hasta el elemento de consumo (BBVA, 2019).

Potencia mecánica

Destreza que posee un sistema para ejecutar un trabajo de manera eficaz a través de fuerzas que actúan sobre el mecanismo (potencia mecánica, 2011).

Programación

Implica ordenar, estructurar o combinar una serie de acciones cronológicas para lograr una meta. La programación se puede aplicar a eventos sociales, medios de comunicación y el mundo informático, En informática, es el uso de lenguajes informáticos para imprimir en un sistema

computacional funciones y procesos deseados. La programación de una computadora es la forma de indicar a la computadora qué es lo que tiene que hacer (Significados, 2022).

Python

Es un lenguaje de programación de alto nivel utilizado para desarrollar todo tipo de aplicaciones. A diferencia de otros lenguajes, es un lenguaje interpretado, lo que significa que las aplicaciones escritas en Python no necesitan ser compiladas para ejecutarse, sino que se ejecutan directamente desde la computadora a través de un programa llamado intérprete, por lo que no es necesario "traducirlo" a lenguaje máquina (Santander, 2021).

Reciclaje

El reciclaje es el proceso de recolectar desechos o materiales de desecho y convertirlos en nuevos materiales o productos para su reutilización, Este proceso consta de diferentes etapas, como la recogida de los residuos, la clasificación de estos (vidrio, plástico, aluminio, papel, madera, residuos biológicos, etc.), su tratamiento y transformación en nuevos elementos o productos (Significados, 2022).

Residuos

Se define como un material que deja de ser útil después de haber cumplido un propósito o función específica. El término se utiliza como sinónimo de residuos para referirse a la basura generada por el hombre (Pérez y Merino, 2010).

Robot

Un robot es una máquina programable que puede manipular objetos y realizar operaciones o movimientos (Robótica móvil) que antes solo eran posibles para los humanos, un robot puede ser un mecanismo electromecánico físico o un sistema de software virtual. Ambos coinciden en que transmiten una sensación de capacidad para pensar o tomar decisiones, cuando en realidad se limitan a seguir las órdenes de las personas (Pérez, et al., 2010).

Sensor

Es un dispositivo que detecta cambios en el entorno y responde a la salida de otro sistema. Un sensor convierte un fenómeno físico en un voltaje analógico medible (o, a veces, una señal digital) que se convierte en una pantalla legible por humanos o se transmite para su posterior lectura o procesamiento (DAWEsoft, 2020).

Sistema de control

El sistema de control de procesos consta de una serie de dispositivos de diferente orden, pueden ser eléctricos, neumáticos, hidráulicos, mecánicos, etc. Pero Deben utilizar tres elementos básicos primero una variable a controlar puede ser el propio producto, el punto de referencia o punto fijo será el encargado de determinar el límite, inicio o final, mientras que el actuador es el que realiza la acción como resultado (Genera Creative Group, 2020).

Sistema de locomoción

Métodos que utilizan los robots a través de diseños mecánicos que dependen de la funcionalidad final que requiera el robot móvil, para transportarse de un lugar a otro (Hisour, 2018).

Software

Es un componente intangible (no físico) que forma parte de dispositivos como computadoras, teléfonos móviles y permite su operación, el software consiste en una colección de aplicaciones y programas diseñados para realizar diversas funciones dentro del sistema (Concepto, 2022).

Torque

Es una magnitud vectorial que se mide en newton por metro, la cual, se puede definir como un momento dinámico o de fuerza, es decir, la medida de la fuerza que se aplica y que funciona para hacer girar un objeto (Helloauto, 2020).

Variable (en programación)

Una variable consta de una ubicación en el sistema de memoria (la memoria principal de la computadora) y un nombre simbólico (identificador) asociado con esa ubicación, contiene una cantidad de información conocida o desconocida, es decir un valor, con el que se puede hacer diferentes procesos, configuraciones o mapeos de información con el fin de llegar a la lógica del programa (Flores, 2022).

Marco legal

En Colombia existen decretos que hablan acerca del manejo de las basuras. De igual manera, existen regulaciones que mencionan el manejo de robots y se quiere llevar estas leyes a el estado colombiano, debido a esto se mencionarán las más relevantes y se encuentran es uso.

Tabla 1.

Marco legal

Norma	Descripción
ISO 3691-4	<p>Robótica móvil y vehículos autónomos: Abarca la seguridad y el mantenimiento, para los dispositivos que realizan tareas y se pueden mover sin supervisión, la norma exige que sea el fabricante el responsable de garantizar la seguridad, y que debe haber un tercero que realice un análisis de concurrencia con el objetivo de certificar su aplicación en el lugar. Esta normativa se compone de varias mandantes que se deben cumplir para la certificación del robot, por ejemplo, los sistemas de alerta y señales, donde exige y explica cómo debe implementarse en el hardware y software estos sistemas.</p>
Artículo 2341 a 2372 del Código civil	<p>Responsabilidad civil extracontractual (Daños y perjuicios): Explica, que hay un acto o conducta antijurídica de una persona que hace daño o perjudica a una víctima, donde la responsabilidad se divide en dos partes, la primera trata de una responsabilidad de tipo subjetiva y existe culpa o dolor ocasionado de manera indirecta a la gente, el segundo tipo de responsabilidad es de tipo objetiva, en este caso no se califica la culpa, simplemente el nexo causal entre la conducta y el daño a la víctima. No muy claro, podría posibilitar como responsables, la aplicación de un servicio o producto defectuoso, que genere algún daño por los fabricantes.</p>
Decreto 1713 de 2002, Artículo 2	<p>“La gestión integral de los residuos sólidos ordinarios, en materias referentes a sus componentes, niveles, clases, modalidades, calidad, y al régimen de las personas prestadoras del servicio y de los usuarios”.</p>
Decreto 1713 de 2002, Artículo 5	<p>El artículo 5 del decreto 1713 de 2002 dice, “la responsabilidad por los efectos ambientales y a la salud pública generados por las actividades efectuadas en los diferentes componentes del servicio público de aseo de los residuos sólidos, recaerá en la persona prestadora del servicio de aseo, la cual deberá cumplir con las disposiciones del presente decreto y demás normatividad vigente”.</p>
Decreto 1713 de 2002, Artículo 14	<p>“El almacenamiento y presentación de los residuos sólidos son obligaciones del usuario. Se sujetarán a lo dispuesto en este decreto, en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. [...] El incumplimiento generará las sanciones establecidas en la normatividad vigente”.</p>
Decreto 1713 de 2002, Artículo 15	<p>El artículo 15 del decreto 1713 de 2002 dice, “los residuos sólidos que se entreguen para la recolección deben estar presentados de forma tal que se evite su contacto con el medio</p>

	ambiente y con las personas encargadas de la actividad y deben colocarse en los sitios determinados para tal fin [..]”.
Decreto 1713 de 2002, Artículo 17	El artículo 17 del decreto 1713 de 2002 dice, “los recipientes retornables utilizados por los usuarios del servicio de aseo para el almacenamiento y presentación de los residuos sólidos deberán estar contruidos de material impermeable, liviano, resistente, de fácil limpieza y cargue, de forma tal que faciliten la recolección y reduzcan el impacto sobre el medio ambiente y la salud humana”.
Decreto 1713 de 2002, Artículo 18	El artículo 18 del decreto 1713 de 2002 dice, “los recipientes desechables, utilizados para almacenamiento y presentación de los residuos sólidos deberán tener las siguientes características básicas: 1. Proporcionar seguridad, higiene y facilitar el proceso de recolección convencional o recolección selectiva. 2. Permitir el aislamiento de los residuos generados del medio ambiente. 3. Tener una capacidad proporcional al peso, volumen y características de los residuos que contengan. 4. Ser de material resistente y preferiblemente biodegradable. 5. Facilitar su cierre o amarre”.
Decreto 1713 de 2002, Artículo 23	“El usuario debe almacenar los residuos sólidos de acuerdo con las normas y especificaciones que se establecen en el presente decreto”.
Decreto 1713 de 2002, Artículo 24	El artículo 24 del decreto 1713 de 2002 dice; “el tamaño, la capacidad y el sistema de cargue y descargue de las cajas de almacenamiento públicas o privadas, serán determinados por las personas prestadoras del servicio público de aseo con el objeto de que sea compatible con su equipo de recolección y transporte: Parágrafo 1°. La capacidad de las cajas de almacenamiento debe determinarse en función de la generación y la frecuencia de recolección, de tal manera que nunca se rebase la capacidad máxima de contenido de la caja. Parágrafo 2°. Las cajas de almacenamiento para residuos sólidos deben estar situadas y provistas de elementos, de tal manera que se evite la humedad, la dispersión de los residuos y el acceso de”.
Resolución 1045 de 2003	Busca implementar metodologías para el manejo de residuos sólidos (recolección, procesamiento, tratamiento y disposición final) para ayudar al medioambiente. Adicional, crear nuevos productos con el material reciclado, reutilizar residuos y restaurar suelos.
Resolución 2184 de 2019	Para mejorar e incluir lineamientos técnicos y operativos, esta resolución, “modifica la Resolución 668 de 2016 sobre el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones”.

	<p>(Departamento administrativo de la defensoría del espacio público, 2022).</p> <p>Establece el nuevo código de colores:</p> <ul style="list-style-type: none">- Color blanco, para todo material aprovechable o reciclable (papel, plástico, metal, madera, [..]).- Color Verde, para todo material orgánico aprovechable.- Color Negro, para todo material no aprovechable (restos de comida, papel higiénico, papel absorbente, entre otros). <p>(Departamento administrativo de la defensoría del espacio público, 2022)</p>
--	---

Nota. La información de la tabla fue extraída de los diferentes artículos y resoluciones dadas por el gobierno colombiano (2022).

Marco metodológico

Tipo de investigación

Dentro del estudio que se maneja en este proyecto se adopta un tipo de investigación cuantitativa, debido que se obtiene información de recopilación de datos, los cuales son realizados a partir de matemática aplicada y análisis estadísticos, en el cual hace uso de una estadística descriptiva. Además, la investigación aplicada da a conocer datos matemáticos, variables físicas, resultados estadísticos de la implementación del robot.

Variables del problema

Las variables del problema son de tipo cuantitativo, debido al manejo de los datos en el apartado de reciclaje en los puntos donde se lleve a cabo la investigación propuesta, además se va a llevar una variable cualitativa para ver el punto de vista de las personas acerca del robot móvil. Las variables para desarrollar son:

- Cantidad de residuos de las canecas.
- Satisfacción del robot.
- Reconocimiento del residuo.

Tabla 2.

Variables del problema

Variab les	Definición	Dimensión	Indicador	Medición
Cantidad de residuos de las canecas	Se realiza mediante la recolección de datos que arroje una encuesta	Comportamiento aprendizaje vigilancia	Seguimiento Compromiso	ordinal
satisfacción del robot	Se realiza mediante encuestas de satisfacción a las personas involucradas	Satisfacción responsabilidad	Comunicación integridad seguimiento de ordenes	cualitativa nominal
Reconocimiento del residuo	Este reconocimiento se da a partir de la Cámara y su visualización del producto	Calidad del producto visualización del producto análisis	Comunicación reconocimiento	ordinal

Nota: (Autoría propia).

Fuentes de Información

La investigación y el prototipo que se va a realizar hará uso de fuentes de información primarias, secundarias y terciarias, donde se procede la recolección de información en encuestas, libros y artículos de carácter científico e investigativo, y noticias de fuentes confiables.

En la recolección de información en encuestas, se prioriza el uso de fuentes confiables que proyecten diferentes datos estadísticos que miden la magnitud de la pregunta problema planteada.

En la recolección de información en libros y artículos de carácter científico e investigativo, se obtiene los referentes teóricos que se deben aplicar al prototipo planteado como respuesta a la pregunta problema.

En la recolección de información en noticias de fuentes confiables, se analiza los datos y situaciones planteadas para entender mejor la pregunta problema.

Instrumentos de recolección de la información

El proceso de recolección de información se dará por medio de encuestas, cuestionarios a una población pequeña de personas. La encuesta es un tipo de instrumento de recopilación, donde se da un conjunto de preguntas normalizadas (concepto, 2015). Las preguntas encontradas en estas se encontrarán enfocadas al problema, y aportan a la solución de esta misma.

En el cuestionario se darán preguntas con mayor cantidad de respuestas, para realizar un análisis estadístico.

También, se hace uso de bibliotecas digitales y buscadores académicos especializados

Tamaño poblacional y muestra

Población: Instituciones educativas, aeropuertos y centros comerciales a nivel nacional, como población finita, que corresponde a los objetos de estudio, características de un contenido y lugar. El tamaño poblacional se delimita a individuos que se encuentran en el lugar, los cuales realizan el proceso de desecho de residuos en un depósito, normalizado por leyes colombianas para el aprovechamiento de residuos.

Muestra: se toma como muestra una parte de la Universitaria Agustiniiana la cual se selecciona por medio de un proceso de muestreo no probabilístico. Donde se va a utilizar muestreo por cuotas.

Cronograma

Tabla 3.

Diagrama de Gantt

seleccionados																		
ACT 5:																		
ACT 6: Documentar OE 2	23/02/20 23	05/04/20 23	Leonardo, Mauricio, Felipe	100%														
OE 3: • Proponer un diseño para la estructura mecánica del robot móvil con identificador de residuos.				100%								X	X	X	X			
ACT 1: Estimar y estudiar las limitaciones y características mecánicas presentes en las necesidades del robot móvil	16/09/20 22	28/02/20 23	Felipe	100%														
ACT 2: Plantear un prediseño de la estructura del prototipo	16/09/20 22	20/10/20 22	Mauricio	100%														
ACT 3: Realizar los cálculos para la estructura mecánica	16/09/20 22	25/03/20 23	Felipe	100%														
ACT 4: Diseñar la estructura mecánica del robot	16/09/20 22	30/03/20 23	Felipe	100%														
ACT 5:																		
ACT 6: Documentar OE 3	25/02/20 23	29/03/20 23	Leonardo, Mauricio, Felipe	100%														
OE 4: • Validar el prototipo del robot móvil con identificador de residuos.				100%								X	X	X	X			

ACT 1: Construir y ensamblar la estructura del prototipo	16/09/2022	10/4/2023	Leonardo, Mauricio	100%															
ACT 2: Implementar los componentes seleccionados de instrumentación y alimentación	06/03/2023	05/04/2023	Leonardo, Mauricio	100%															
ACT 3: Validar por respectivas etapas el funcionamiento del movimiento mecánico, alimentación y reconocimiento	06/03/2023	05/04/2023	Leonardo, Mauricio	100%															
ACT 4: Validación total del prototipo	06/03/2023	15/04/2023	Leonardo, Mauricio, Felipe	100%															
ACT 5:																			
ACT 6: Documentar OE 4			Leonardo, Mauricio, Felipe	100%															

Nota: (Autoría propia).

La tabla 3, muestra cómo se utiliza en tiempo establecido en el semestre para el desarrollo de las actividades dispuestas, además, dan a conocer las tareas pendientes, completadas e incompletas más importantes dispuestas.

Resultados de la Investigación

Desarrollo del Objetivo 1 - Caracterización

¿Qué dice el mundo sobre los residuos?

Actualmente existen varias empresas y asociaciones que se encargan del cuidado del medio ambiente, entre estas, la organización de las naciones unidas (ONU), tiene un espacio dedicado a ello y explica a través de datos y cifras, que el 1 % de la población acaudalada del mundo emite más gases de efecto invernadero a diferencia del 50 % que no lo es, así se observa en la Figura 20, por ello se opta por medidas que reduzcan los desechos o residuos que contaminan (Naciones Unidas, s.f.).

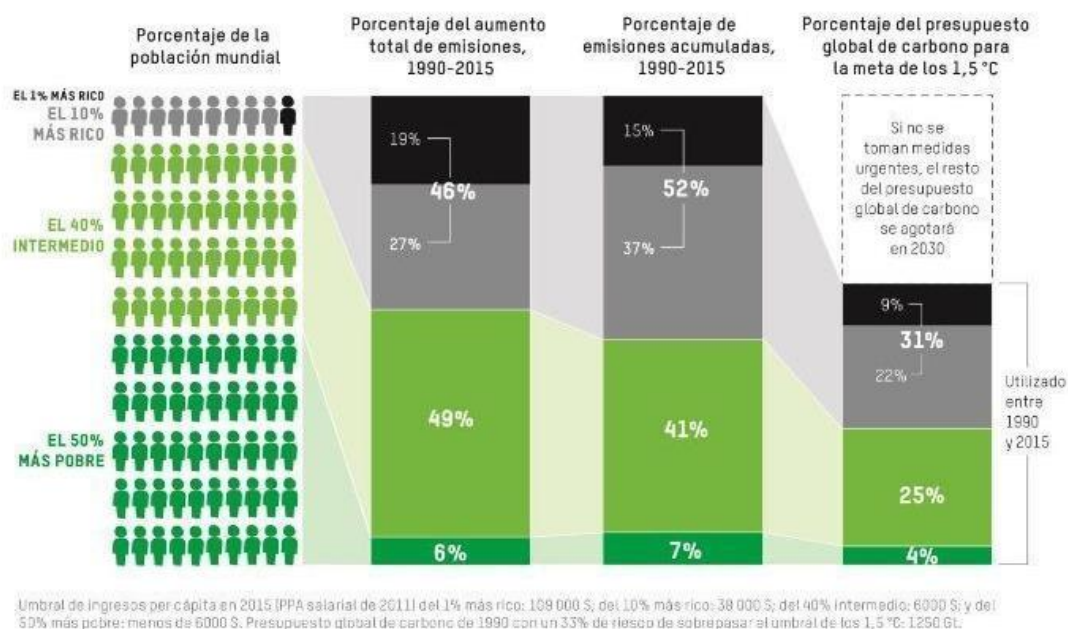


Figura 20. Resumen de los principales hallazgos de Oxfam y SEI. Haiman el Troudi. (2022).

Este es un estudio que se realizó teniendo en cuenta 25 años, desde 1990 a 2015, gracias a ello se puede concluir que tan solo el 10 % de población que es acaudalada genera entre el 46 % y 52 % más emisiones que el 90 % que no lo es (Naciones Unidas, s.f.).

Por otro lado, se comenta que el estilo de vida actual es insostenible debido a la alta demanda de recursos naturales para obtener bienes y servicios básicos como comida, ropa, agua, vivienda, infraestructura, entre otros. Esta demanda continúa en aumento, con un incremento del 45% en el uso de combustibles fósiles. Tanto la extracción como el procesamiento de los materiales,

combustibles y alimentos son responsables de la mitad de las emisiones de gases de efecto invernadero (Naciones Unidas, s.f.).

La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) explica que los desperdicios de alimentos son un problema preocupante debido a que requieren de muchos recursos naturales para su producción. Además, los residuos orgánicos de alimentos son una de las formas más comunes de residuos en los vertederos y generan grandes cantidades de emisiones de metano, el cual es beneficioso para el medio ambiente si se clasifica adecuadamente. Sin embargo, si los residuos orgánicos se mezclan con otros tipos de residuos, pueden causar daños al medio ambiente (FDA, 2019, p. 1).

Un estudio sobre el manejo de residuos en instituciones educativas demuestra cómo la implementación de estrategias eficientes puede ayudar a mitigar problemas importantes, como el cambio climático, que están directamente relacionados. Esto se debe a que los residuos son uno de los principales generadores de gases de efecto invernadero (Hernández, 2022). De hecho, según el Informe del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático, IPCC (Hernández, 2022), el manejo inadecuado de los residuos sólidos urbanos es responsable del 5% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es esencial que se tomen medidas efectivas para gestionar los residuos, especialmente en instituciones educativas, para reducir su impacto en el medio ambiente y el cambio climático.

Con el propósito de abordar el creciente desafío de garantizar la seguridad alimentaria y nutricional en el futuro, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) ha creado una iniciativa conocida como 'Seguridad Alimentaria y Nutricional 2050'. En línea con este objetivo, la organización busca promover prácticas agrícolas sostenibles y un consumo responsable de alimentos, asegurando así la disponibilidad de alimentos suficientes y nutritivos para toda la población mundial para el año 2050 (Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos, 2009).

Esta iniciativa se enfoca en abordar los desafíos clave relacionados con la seguridad alimentaria y nutricional, incluyendo el cambio climático, la pérdida y desperdicio de alimentos, la pobreza, la desigualdad y la falta de acceso a alimentos nutritivos. La FAO trabaja con diversos socios, incluyendo gobiernos, organizaciones no gubernamentales, empresas y la sociedad civil, para desarrollar soluciones innovadoras y efectivas que puedan aplicarse en todo el mundo (Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos, 2009).

Manejo de los residuos durante la pandemia

Durante los años 2020 y 2021 la humanidad vivió una pandemia a razón de El COVID-19, lo que obligó al mundo a confinar y a protegerse, en sus casas, haciendo uso de elementos de protección personal que evitarán el contagio del mismo, es una enfermedad infecciosa causada por el virus SARS-CoV-2. La enfermedad se propagó rápidamente en todo el mundo en 2020, y se caracteriza por síntomas como fiebre, tos seca, fatiga y dificultad para respirar. Aunque la mayoría de las personas que contraen COVID-19 experimentan síntomas leves o moderados, puede ser fatal para personas mayores y aquellos con afecciones médicas preexistentes. La enfermedad se propaga principalmente de persona a persona a través de gotas respiratorias cuando una persona infectada tose o estornuda, o al tocar superficies contaminadas y luego tocarse la cara (Organización Mundial de la Salud, 2023).

Por ello se implementó medidas de prevención, entre estas, fueron dos, las que generaron más consumo de recursos (Organización Mundial de la Salud, 2023):

1. Uso de mascarillas: El uso de mascarillas se convirtió en una práctica común para reducir la propagación del virus a través de gotículas respiratorias.
2. Lavado de manos: El lavado frecuente y adecuado de las manos con agua y jabón durante al menos 20 segundos se convirtió en una práctica fundamental para prevenir la propagación del virus.

Tener en cuenta que aumento en el uso de equipos de protección personal como mascarillas y guantes, así como en los productos de limpieza y desinfección. También puede haber habido un aumento en los desechos generados en el hogar debido a un mayor consumo de alimentos y productos para el hogar. Es importante destacar que la gestión adecuada de los residuos, especialmente los que podrían estar contaminados con el virus, es fundamental para prevenir la propagación de la enfermedad y proteger la salud pública (Organización Mundial de la Salud, 2023).

De acuerdo al Departamento Nacional de Planeación (DNP):

Hasta febrero de 2020 el país generaba más de 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año, de las cuales tan solo el 17 % es reciclado. El más reciente informe de esta entidad afirma que si Colombia continúa en la misma dinámica de generación de residuos, sin hallar soluciones para mejorar su aprovechamiento, en el año 2030 el país tendrá emergencias sanitarias en la mayoría de las ciudades y una alta generación de emisiones de gases de efecto invernadero, lo que afecta la calidad del aire. (Ramírez, 2020). Ver Figura 21.

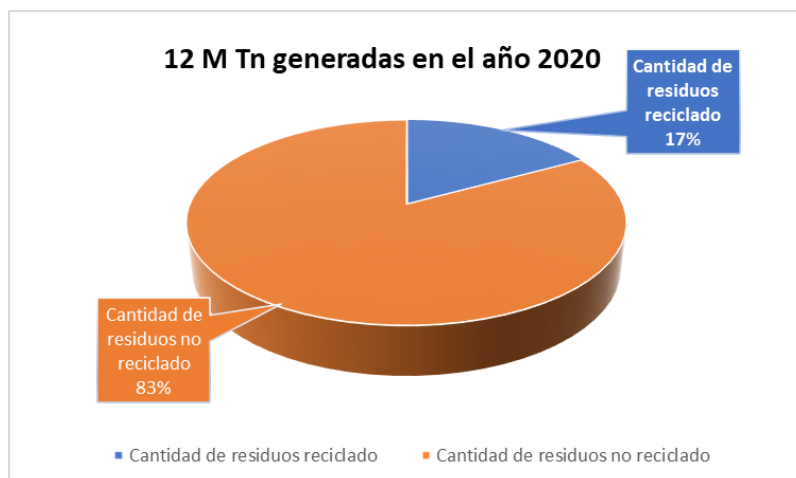


Figura 21. 12 M Toneladas generadas en el año 2020. Ramírez (2020).

De otras maneras, el manejo adecuado de los residuos sólidos es un aspecto fundamental para prevenir la propagación del COVID-19 y proteger la salud pública en las instituciones educativas y en cualquier otro entorno. En este sentido, la Universidad del Bosque en Bogotá, Colombia, llevó a cabo una investigación sobre el manejo integral de residuos sólidos en un colegio, con el objetivo de crear un plan que permita manejar de manera efectiva los residuos sólidos generados por el COVID-19 en la institución. El objetivo principal de este plan fue identificar posibles errores y accidentes para poder evitarlos en el futuro, y se espera que este proceso sea monitoreado y revisado constantemente para asegurar su efectividad. En este artículo, se presenta un resumen de la investigación realizada por la universidad del bosque acerca del manejo integral de residuos sólidos en un colegio y el plan propuesto para manejar los residuos sólidos generados por el COVID-19 en la institución (Alfonso y Eslava, 2020).

En conclusión, el COVID-19 ha tenido un impacto significativo en la generación de residuos, especialmente debido al aumento en el uso de equipos de protección personal y productos de limpieza y desinfección. El uso de medidas preventivas, como el uso de mascarillas y el lavado frecuente de manos, ha generado un aumento en la cantidad de residuos generados en el hogar y en las instituciones educativas. Por ello, es fundamental implementar medidas e ideas que permitan mejorar el procesamiento de los residuos, en cuanto al reciclaje y la calidad del proceso y aún más mejorar el medio ambiente.

En la universitaria agustiniana

Dentro de la Universitaria Agustiniiana (Uniagustiniana), específicamente en la sede Tagaste ubicada en la localidad de Kennedy, posee una cantidad considerable de contenedores de residuos.

La mayoría de estos contenedores exhiben información referente a la clasificación de los desechos. No obstante, algunos de ellos, debido al uso prolongado o incorrecto, carecen de la información necesaria para identificar el tipo de residuo que debe ser depositado en cada uno de ellos. En algunos casos, la comunidad universitaria no lee ni respeta la información proporcionada, lo que resulta en la disposición inadecuada de los residuos en cualquier contenedor. Este hecho contribuye significativamente al aumento de la contaminación tanto dentro como fuera de las instalaciones de la universitaria.

A continuación, se presenta la información recopilada por la universitaria Agustiniiana a lo largo de los años, iniciando desde el año 2018, como se muestra en los siguientes gráficos. (Información suministrada por la Gestión Ambiental Uniagustiniana).

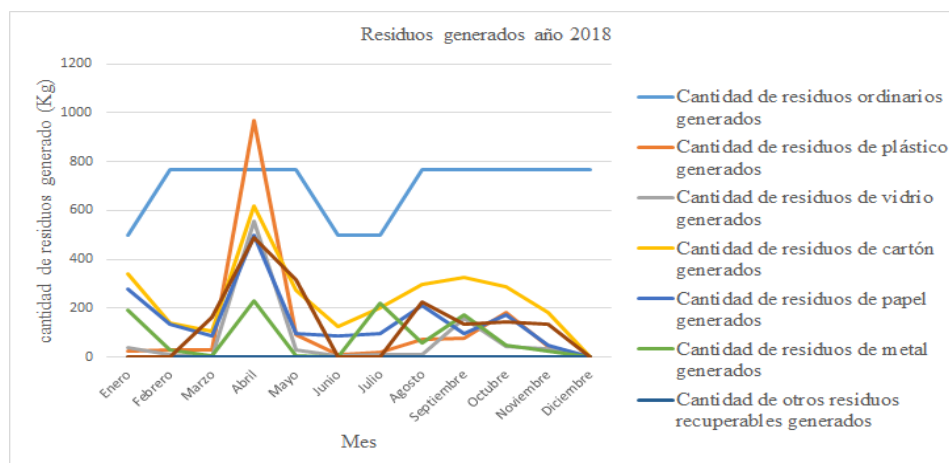


Figura 22. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2018.

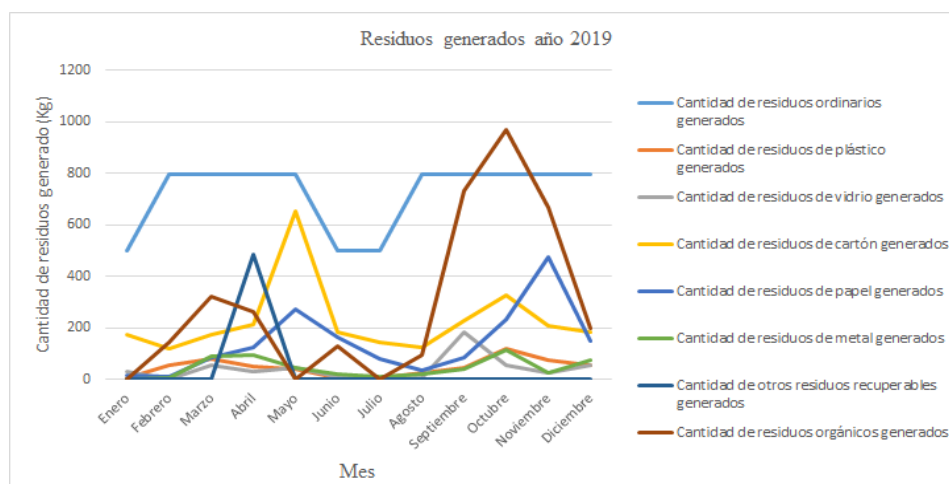


Figura 23. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2019.

En el estudio llevado a cabo durante los años 2018 y 2019 se presentan gráficas (gráfica 2018 y gráfica 2019) que representan la clasificación de residuos en kilogramos.

En el año 2018, el total de residuos aprovechables generados equivale al 53.84% con respecto al total de residuos convencionales generados este año. También, la cantidad de residuos generados en el mes abril presentan picos altos en comparación de los demás meses (menos del 1,8%) con una mayor diferencia, en la cual tales meses muestran un comportamiento más cercano (estable), observando que los residuos de plástico (5,34%), de cartón (3,41%), de vidrio (3,07%), de papel (2,74%) son representativos, sin embargo, la cantidad de residuos de metal y ordinarios expresan un comportamiento más cercano o igualitario con picos de menor diferencia y planos en los meses observados.

En el año 2019, el total de residuos aprovechables generados equivale al 53,74% con respecto al total de residuos convencionales generados este año. También, la cantidad de residuos orgánicos generados en el mes de octubre (5,17%), la cantidad de residuos de cartón generados en el mes de mayo (3,5%), la cantidad de residuos de otros residuos recuperables generados en el mes de abril (2,6%), y la cantidad de residuos de residuos de papel generados en el mes de noviembre (2,54%), presentan picos altos en comparación de los demás meses (menos de 1,75% o 0% en algunos casos) con una mayor diferencia de cada tipo de residuo mencionado, sin embargo, los demás tipos de residuos restantes expresan un comportamiento más cercano (estable) con picos de menor diferencia en los meses observados, donde la cantidad de residuos ordinarios muestra picos igualitarios o planos.

Durante los años 2020 y 2021, la universitaria Agustiniiana (Uniagustiniana) implementó clases virtuales para hacer frente a la pandemia del COVID-19, lo cual permitió a los estudiantes recibir educación desde sus hogares o lugares de establecimiento. Este cambio en la modalidad de enseñanza tuvo un impacto significativo en la reducción de la toma de datos.

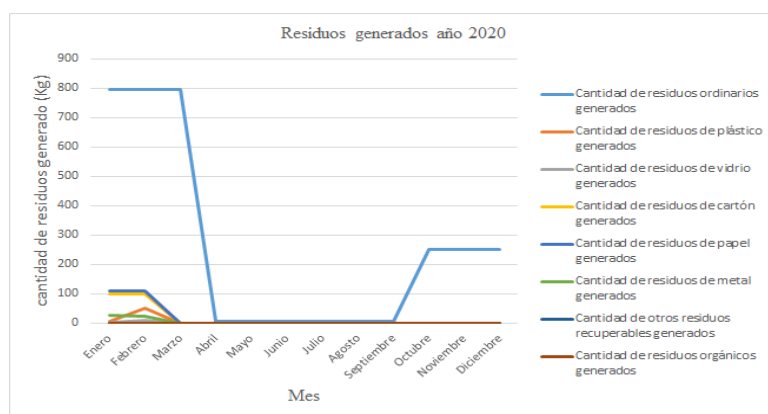


Figura 24. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2020.

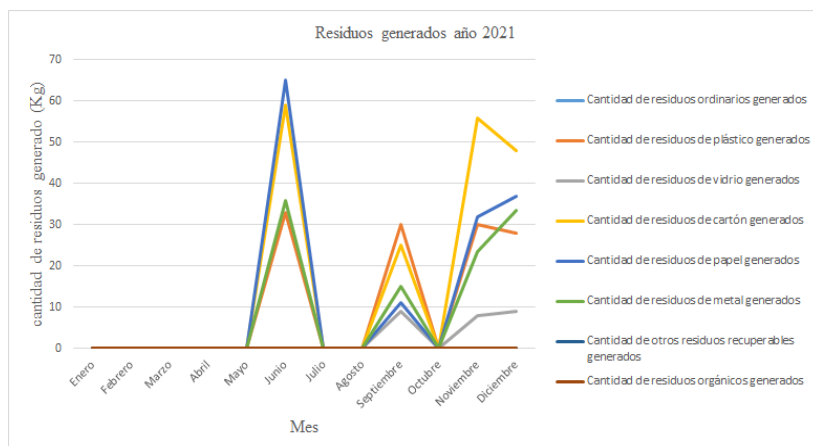


Figura 25. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2021.

En el año 2020, el total de residuos aprovechables generados equivale al 14,7% con respecto al total de residuos convencionales generados en este año. También, la cantidad de residuos ordinarios generados entre enero y marzo (21,43%), y entre octubre y diciembre (6,74%), presentan picos altos de una gran diferencia, en comparación al comportamiento de los diferentes tipos de residuos generados restantes en los meses de enero y febrero (menos e igual de 2,99%), las cuales expresan picos más pequeños con menor diferencia, entendiendo que los demás respectivos meses observados restantes muestran un nulo o 0% de generación de residuos, lo cual explica la ausencia de estudiantes y personal laboral en las instalaciones, además del regreso de este último en octubre, debido al Covid-19.

En el año 2021, el total de residuos aprovechables generados equivale al 100% con respecto al total de residuos convencionales generados, dando muestra del único hecho de que los residuos generados este año, fueron completamente aprovechables. También, la cantidad de residuos generados en los meses de junio, septiembre, junto algunos de noviembre y diciembre, presentan picos altos (11,05 % a 1,53%) en comparación a los demás meses (0% o aprox.) con una mayor diferencia acercándose a la absoluta, lo cual explica los meses donde se presentó el personal laboral en las instalaciones durante la pandemia, sin embargo, la cantidad de residuos orgánicos, de otros residuos recuperables y de residuos ordinarios generados presentan valores nulos (0%). Además, se demuestra que los residuos presentes generados (plástico (20,58 %), vidrio (4,42 %), cartón (31,97 %), papel (24,66 %) y metal (18,37 %) del total) son los más aprovechables, específicamente desde el personal laboral.

El último año registrado en los datos dados por la gestión ambiental de la Uniagustiniana es el 2022, en el cual muestra una vuelta a la “normalidad”

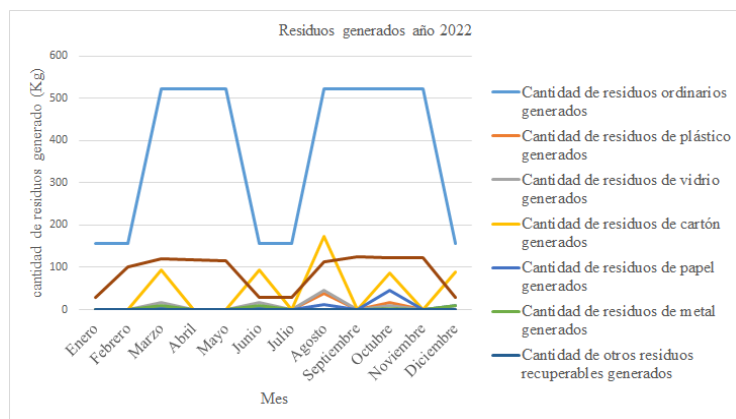


Figura 26. Residuos generados en la Uniagustiniana - Sede Tagaste en el 2022

En el año 2022, el total de residuos aprovechables generados equivale al 29,42% con respecto al total de residuos convencionales generados en este año. También, la cantidad de residuos generados en los meses de marzo, junio, agosto, octubre y diciembre (hasta 2,77%), presentan picos altos en comparación de los demás meses, los cuales muestran nula generación (0%), sin embargo, la cantidad de residuos ordinarios y orgánicos generados comparados con el anterior tipo de residuo expresan picos altos y planos con diferencia considerable entre meses con valores mínimos en los meses de enero, junio, julio y diciembre (hasta 0,48% y 2,48) y valores máximos en los demás meses (hasta 1,91% y 8,31%).

El siguiente diagrama representa la magnitud total de los cambios que han tenido lugar durante el periodo comprendido entre los años 2018 a 2022:

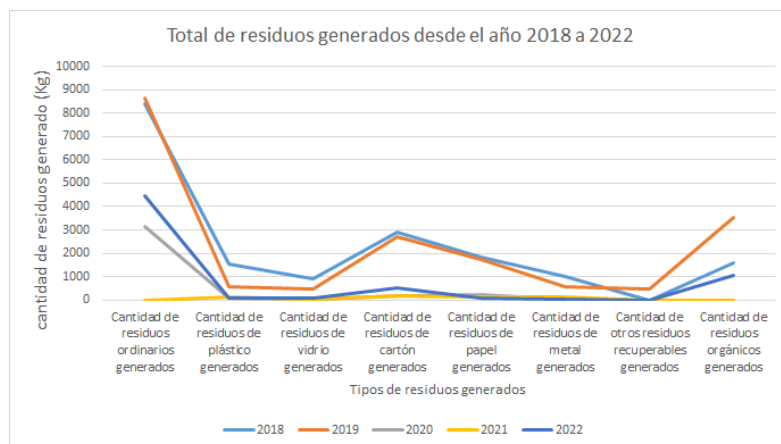


Figura 27. Total, de residuos generados desde el año 2018 a 2022.

Analizando por completo cada año, se logra identificar que la cantidad de residuos ordinarios generados, excepto el año 2021, es el tipo de residuo que más se genera en las instalaciones de la

institución con un promedio total de 49,51% junto a un mejor comportamiento de gráfica, seguidos de los residuos de cartón (14,627%) y los residuos orgánicos (10,773%), y, al contrario, la cantidad de residuos de otros residuos recuperables generados, es el tipo de residuo que menos genera en las instalaciones de la institución con un promedio de 0.437%. El año 2021 fue la época con menor cantidad de residuos generados con un 0.89% de la totalidad de residuos generados en los últimos 6 años, durante tiempo de pandemia y clases virtuales, lo cual se expresa el desecho de residuos generados por parte del personal laboral. Los años 2017 (28,46%), 2018 (29,05%) y 2019 (29,92%) con un porcentaje representativo de 87.43% de la totalidad, presentan la mayor cantidad de residuos generados, identificando que están ubicados temporalmente antes de la pandemia.

Como se puede evidenciar durante los años transcurridos, se han recopilado datos relevantes sobre los distintos tipos de residuos generados en la comunidad. Entre ellos, los residuos ordinarios, orgánicos, cartón y papel han sido los más destacados y, por lo tanto, se han seleccionado como la base para elaborar las diversas categorías que se utilizan en el análisis mediante inteligencia artificial. Debido a la amplia variedad de productos que se derivan de los residuos ordinarios y orgánicos, se llevará a cabo un análisis más detallado para identificar aquellos productos que son más utilizados por los estudiantes y trabajadores de la institución. Este análisis se llevará a cabo mediante una encuesta, que se proporcionará a la comunidad agustiniana. La encuesta contendrá una lista de productos preseleccionados con el fin de identificar los residuos más utilizados por la comunidad. De esta forma, se podrá obtener una visión más precisa de los patrones de consumo y, a su vez, mejorar la gestión y el reciclaje de los residuos generados.

La encuesta realizada fue la siguiente:

Se procede a la segmentación de las interrogantes de acuerdo a las categorías de residuos requeridos, en este escenario particular se trata de dos categorías, los residuos ordinarios y los residuos orgánicos. Esta estrategia permite una mayor precisión en la recopilación y análisis de datos relacionados con los diferentes tipos de residuos, permitiendo así un enfoque más específico y detallado en la investigación. Cada categoría se analiza individualmente con el fin de obtener una comprensión de los patrones y tendencias que pueden surgir en relación a los residuos ordinarios y orgánicos.

La primera pregunta que se efectúa es:

De los siguientes productos orgánicos, ¿Cuál es el más utilizado por usted dentro de las instalaciones de la Uniagustiniana?(máximo dos respuestas)

44 respuestas

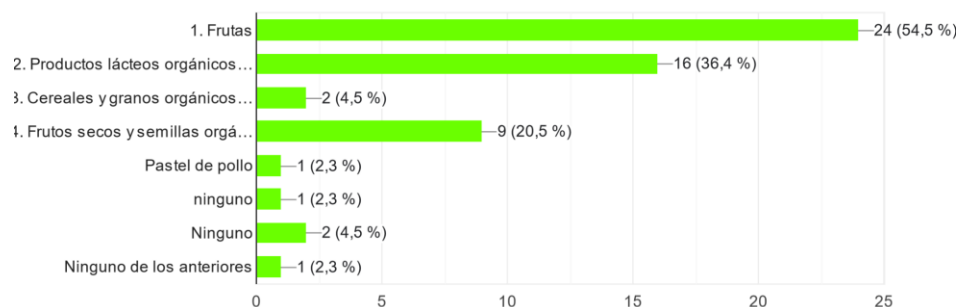


Figura 28. Datos estadísticos de la primera pregunta. Autoría propia (2023).

En base a la pregunta 1 realizada en la encuesta, se ha identificado que existe una variedad en las opciones de respuesta, lo que ha permitido una mayor diversidad en las respuestas obtenidas. Según los resultados, se ha observado que el consumo de frutas es el más frecuente entre los miembros de la comunidad de la Uniagustiniana. En cuanto a la segunda opción, se encuentran los productos lácteos (tales como la leche, el queso y el yogur) y en tercera posición están los frutos secos y semillas. Estos resultados sugieren la importancia de incluir el primer producto en la selección de residuos orgánicos y la necesidad de fomentar prácticas sostenibles para su gestión adecuada.

Debido a la amplia variedad de frutas existentes, se ha decidido limitar las opciones de respuesta en la segunda pregunta. De esta manera, se busca reducir el conjunto de opciones y facilitar el proceso de análisis de los resultados obtenidos. Al limitar las opciones de respuesta, se espera obtener datos más precisos y relevantes sobre el consumo de frutas por parte de los integrantes de la comunidad. Esta estrategia permitirá obtener información más clara y útil para la toma de decisiones en torno al manejo y gestión de residuos en la Uniagustiniana.

Si usted eligió frutas, ¿cuál de las siguientes consume más?

40 respuestas

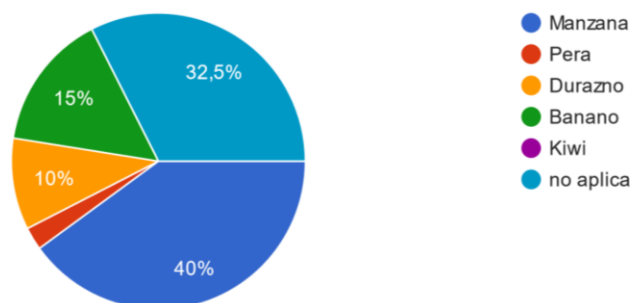


Figura 29. Datos estadísticos de la segunda pregunta. Autoría propia (2023).

Después de realizar la segunda pregunta se encontró que la manzana fue elegida con un 40% de los votos como uno de los productos más consumidos en las instalaciones de la universitaria. Debido a la alta demanda y frecuencia de consumo de este producto en la comunidad, se ha seleccionado como uno de los elementos que serán incluidos en la inteligencia artificial que se está desarrollando.

La tercera pregunta se enfoca en los residuos ordinarios, los cuales, al igual que los productos orgánicos, comprenden una amplia gama de materiales. Por lo tanto, se han limitado las opciones de respuesta para elegir solo dos productos, con el fin de facilitar el análisis y la identificación de los residuos más comunes entre la comunidad de la Uniagustiniana.

De los siguientes productos ordinarios, ¿Cuál es el más utilizado por usted dentro de las instalaciones de la Uniagustiniana? (máximo dos respuestas)

44 respuestas

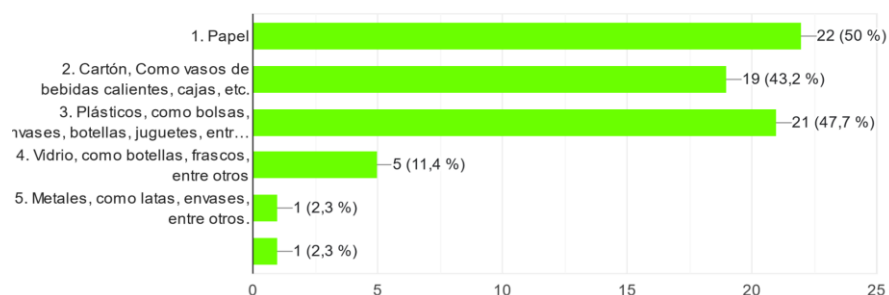


Figura 30. Datos estadísticos de la tercera pregunta. Autoría propia (2023).

Se puede observar que el papel cuenta con un 50% de los votos y el plástico, el cual incluye bolsas, envases, botellas, juguetes, entre otros, cuenta con un 47.7% de los votos, lo que indica que estos dos tipos de residuos tienen una mayor tendencia entre la comunidad agustiniana. Por lo tanto,

se ha decidido seleccionar estos dos residuos como parte de las categorías en el identificador de residuos, ya que son los que cuentan con una mayor cantidad de votos en la encuesta realizada.

La última pregunta del cuestionario se presenta en un formato abierto, lo que permite a los encuestados proporcionar información adicional sobre cualquier otro producto que no haya sido incluido en las opciones de respuesta anteriores. Esto se realiza con el fin de garantizar que se tomen en cuenta todas las posibles opciones de residuos que los miembros de la comunidad universitaria podrían generar en su día a día.

¿Cuál es el residuo que más generas en la universidad? (No importa su clasificación)

44 respuestas

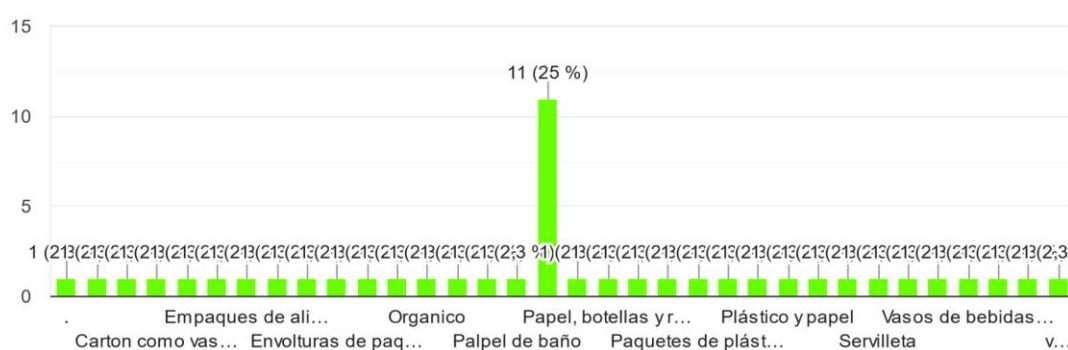


Figura 31. Datos estadísticos de la cuarta pregunta. Autoría propia (2023).

Según los resultados obtenidos a través de la encuesta realizada a estudiantes y trabajadores de la Uniagustiniana, se concluye que el papel es el residuo que se utiliza con mayor frecuencia. Es importante destacar que esta opción ya fue contemplada en la pregunta número 3 y por tanto no será considerada nuevamente en el proceso de identificación de residuos mediante inteligencia artificial. En cuanto a las demás opciones de respuesta, no se encontraron diferencias significativas en su frecuencia de uso, por lo que no se incluirá ningún otro producto adicional en la lista de residuos a identificar.

Los productos no aprovechables, junto con los derivados del cartón (vasos de bebidas calientes, cajas, etc.) y los procedentes del plástico (bolsas, envases, botellas, juguetes, entre otros) se tienen en cuenta en el marco de la investigación en curso, por ende, se procedió a la selección de los sujetos de estudio a través de una entrevista dirigida a personas que desempeñan funciones en la universitaria, específicamente en oficios varios. Es importante destacar que se ha asegurado la

confidencialidad y el anonimato de los participantes durante todo el proceso de recolección de datos. El uso de los resultados es de carácter académico.

Las preguntas realizadas fueron las siguientes:

Teniendo en cuenta la cantidad de residuos generada por los estudiantes y el personal de la Uniagustiniana en su horario laboral, ¿cuáles elementos que tienen como base el cartón usted identifica más en las canecas de basura?

Respuesta: Envases de cartón de productos alimenticios o de consumo, específicamente vasos para bebidas calientes.

Teniendo en cuenta la cantidad de residuos generada por los estudiantes y el personal de la Uniagustiniana en su horario laboral, ¿cuáles elementos que tienen como base el plástico usted identifica más en las canecas de basura?

Respuesta: Envases y contenedores de alimentos y bebidas.


Teniendo en cuenta la cantidad de residuos generada por los estudiantes y personal de la Uniagustiniana en su horario laboral, ¿cuáles elementos que son utilizados para el consumo de alimentos tienden a ser más utilizados?





Respuesta: Cuchara plástica.

Teniendo en cuenta lo anterior, establecerán por medio de una tabla los residuos que se van a aplicar en el reconocimiento de imágenes.

Tabla 4

Catálogo de Elementos a reconocer por la I.A.

Producto	Imagen
Manzana	

Papel	
Cartón (bebidas calientes)	
Envases y contenedores de alimentos y bebidas	
cucharas de plástico	

Nota. Los elementos serán reconocidos gracias a la inteligencia artificial. (Autoría propia).

Ahora bien, con respecto al manejo de los residuos seleccionados como objeto de estudio, se analiza la legislación nacional, sobre la recolocación, clasificación, distribución y almacenamiento, de estos elementos: manzanas, papel, cartón (vasos de bebidas calientes), envases y contenedores de alimentos y bebidas, y cucharas de plástico.

La resolución 2184 de 2019 colombiana establece tres categorías para clasificar los residuos, en función de su potencial de aprovechamiento: los residuos aprovechables, los no aprovechables y

los orgánicos aprovechables. Esta clasificación permite una distribución eficiente de los residuos, de acuerdo con la normativa establecida. La separación de los residuos en estas categorías facilita su gestión y tratamiento adecuado, promoviendo la protección del medio ambiente y la sostenibilidad en el manejo de los residuos. Además, la correcta separación y disposición de los residuos según su categoría contribuye a la reducción de los impactos ambientales negativos asociados al manejo inadecuado de los residuos, como la contaminación del suelo y del agua, la emisión de gases de efecto invernadero, entre otros.

Por ejemplo, la contaminación de suelos y desechos del agua es un problema ambiental grave en Colombia. La creciente actividad industrial y el aumento de la población han generado una mayor producción de residuos, lo que a su vez ha contribuido a la degradación de los suelos y la contaminación de los cuerpos de agua del país. De acuerdo al periódico el portafolio, en Colombia se generan aproximadamente 12 millones de toneladas al año, y un manejo que dentro del sistema es ineficiente (Rodríguez, 2022).

Por otro lado, la emisión de gases tóxicos, los desechos industriales, la minería y la agricultura intensiva son algunas de las principales causas de la contaminación del suelo en Colombia. También la falta de infraestructuras adecuadas para el tratamiento de aguas residuales ha generado altos niveles de contaminación en ríos, lagos y acuíferos. Estos problemas ambientales no sólo representan una amenaza para la salud humana, sino que también ponen en riesgo la supervivencia de las especies animales y vegetales que habitan en estos ecosistemas. Por lo tanto, es fundamental tomar medidas efectivas para reducir la contaminación del suelo y de los cuerpos de agua en Colombia, y así proteger el medio ambiente y la salud de la población (Vargas, 2016).

En el prototipo se va aprovechar las siguientes normas establecidas: Resolución 2184 de 2019 donde establece el nuevo código de colores blanco para material aprovechable o reciclable, verde para residuos orgánicos aprovechables y negro para materiales no aprovechables. Además, el Decreto 1713 de 2002; artículo 14, almacenamiento y presentación de los residuos sólidos son obligaciones del usuario; artículo 18, los recipientes desechables, utilizados para almacenamiento y presentación de los residuos sólidos deberán tener las siguientes características básicas: Proporcionar seguridad, higiene y facilitar el proceso de recolección convencional o recolección selectiva. Permitir el aislamiento de los residuos generados del medio ambiente. Tener una capacidad proporcional al peso, volumen y características de los residuos que contengan. Ser de material resistente y preferiblemente biodegradable. Facilitar su cierre o amarre; artículo 23, donde

el usuario debe almacenar los residuos sólidos de acuerdo con las normas y especificaciones que se establecen en el presente decreto. Principalmente estas leyes establecidas para el apropiado desarrollo de la actividad.

Desarrollo de Objetivo 2 – Selección de componentes de Instrumentación

El propósito de este trabajo es desarrollar un prototipo de robot móvil que permita una gestión más eficiente y sostenible de los residuos. Para lograrlo, es necesario analizar y cuantificar los elementos de instrumentación necesarios para su creación. En este capítulo, se abordará este objetivo del proyecto, a través de una lista detallada de los componentes e instrumentos que se requerirán para el diseño y construcción del prototipo. Esta tarea implica una evaluación de las necesidades técnicas y de los recursos disponibles, así como una evaluación de las posibles limitaciones y restricciones que podrían afectar el desarrollo del proyecto. Por tanto, este capítulo tiene como objetivo principal sentar las bases técnicas del prototipo de robot móvil con identificador de residuos, brindando una visión general de los elementos de instrumentación necesarios para su creación.

Pero, antes hay que definir las partes necesarias, para considerar el prototipo como un robot móvil, en este caso en la categoría de un AGV (vehículo de guiado automático), según la *revista de robots* un AGV es un robot que navega un entorno de forma independiente, pero programada, caminos ya definidos. Bajo esta premisa primero hay que entender que, se basa en tres tipos de sistemas en donde cada uno representa una parte importante de del mismo, estos son: Sistema Mecánico, Sistema Eléctrico y sistema de control, dentro de ellos se componen cinco elementos indispensables, así lo explica la empresa MECALUX: “el sistema de navegación, componentes de seguridad, fuente de alimentación, sistema de movimiento, y controlador del vehículo” (Mecalux, 2022), gracias a ello se entendió lo necesario y junto con los conocimientos vistos en los semestres anteriores de la carrera se seleccionó los componentes de instrumentación para la creación del AGV y se creó una lista con los elementos y una gráfica para su entendimiento, también, se agregó la cámara como parte del de la instrumentación y se adiciono el sistema de clasificación, ya que a través de ella se realiza la clasificación de los residuos (Mecalux, 2022).

Tabla 5.

Componentes de Instrumentación - Subsistema

Componentes de instrumentación	Subsistema
Motores	Movimiento
Sensores	Navegación
Microcontrolador	Controlador del vehículo
Indicadores luminosos	Componente de seguridad
Banco Baterías	Fuente de alimentación
Cámara	Clasificación

Nota: (Autoría Propia).

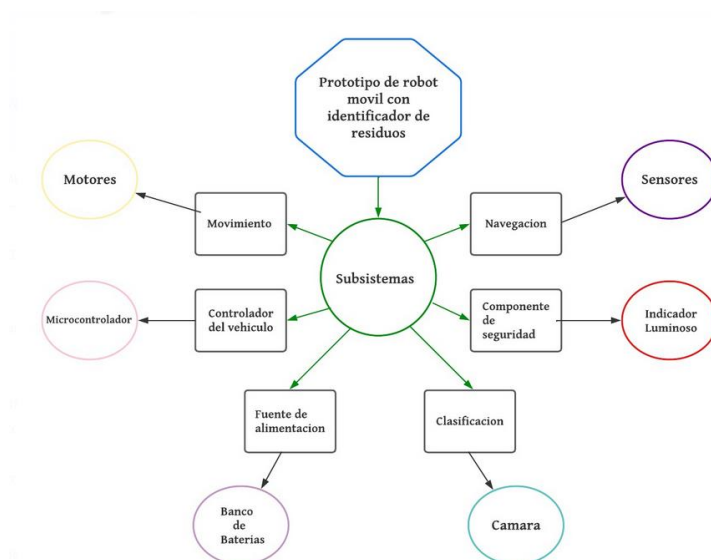


Figura 32. Diagrama subsistemas. Autoría propia (2023).

Posteriormente, a la elaboración de la lista, se requiere de una cuidadosa selección y cuantificación de los componentes de instrumentación necesarios. En este sentido, es importante destacar que dichos componentes pertenecen principalmente a dos categorías: electrónicos y de

control. En el caso de los electrónicos, se incluyen elementos como motores, baterías, sensores de proximidad y cámaras, entre otros. Por otro lado, los de control abarcan desde sistemas como software y Hardware especializado para la programación y configuración del robot.

Es importante destacar que la selección de los componentes adecuados es esencial para el correcto funcionamiento del prototipo, por lo que se llevará a cabo un análisis de las opciones disponibles en el mercado. Además, se considerarán aspectos como el costo, la disponibilidad, calidad y compatibilidad entre los diferentes elementos de instrumentación, con el fin de garantizar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

Antes de continuar, hay que entender la sección de tablas, en este proceso el ¿cómo se cuantificó la selección?, primeramente se escogieron criterios dependiendo del componente y lo que requería el prototipo, a cada criterio se le asignó un valor que en las tablas se ve como “Peso Max.”, este hace referencia al peso máximo posible de un valor cuantitativo de satisfacción y dependiendo de las especificaciones de los componentes en cuanto a los criterios definidos, se le daba un valor teniendo como referente el “Peso Max”, por ejemplo si un instrumento en un criterio tiene peso 10 y otro tiene peso 20, el más adecuado será el de mayor valor.

Ahora para el entendimiento de las gráficas, las abreviaciones como por ejemplo CV (consumo Voltaje) o CA (consumo Amperaje) son los criterios de selección que se ven en las tablas, pero se abreviaron de esa forma para las gráficas, por otro lado, al final de la gráfica se observa el criterio llamado “Total” el cual es la suma de los valores de los pesos de los criterios, esto indica cual es el instrumento seleccionado.

Subsistema de movimiento.


Motor. Los motores son dispositivos mecánicos cuya finalidad es transformar la energía de una fuente externa en trabajo útil, a través de la producción de movimiento mecánico. Esta conversión de energía se lleva a cabo mediante principios físicos específicos, que dependen del tipo de motor en cuestión. Entre los tipos de motores más comunes se encuentran los motores eléctricos, térmicos e hidráulicos, los cuales utilizan distintos mecanismos para realizar la conversión de energía y generar trabajo útil en forma de movimiento mecánico (Real academia española, 2023).

En virtud de lo previamente expuesto, resulta imprescindible la implementación de dos motores para conferir movimiento al robot móvil, puesto que como se explicó anteriormente en la justificación se requiere un sistema de tracción diferencial para generar una adecuada cinemática,

incluyendo aspectos como velocidad, torque, consumo y otros parámetros relevantes. La siguiente tabla muestra los criterios de selección para el tipo de motor, y una gráfica que explica la misma.

Tabla 6.

Selección de tipo de motor eléctrico

Criterio	Peso máx.	Motor Dc	Peso	Motor AC	Peso
Consumo del Voltaje: 12V -24v	20	3V-24V	20	110V-220V o más	5
Consumo de corriente (100mA-1500mA)	15	<200mA	15	>3000mA	5
Torque (Mín. 6 kg*cm)	10	0,1 kg*cm- 102 Kg*cm	10	0,1 kg*cm- 1020 kg*cm	20
Peso (Max 500g)	10	Min 17g	10	Min 91 g	10
Driver para control (compatible con ESP32)	10	si	10	no	10
Precio máx.: \$150.000	20	\$ 90.000- \$170.00	15	\$ 11.000	13
Total	85		80		63
					

Nota: (Autoría Propia)

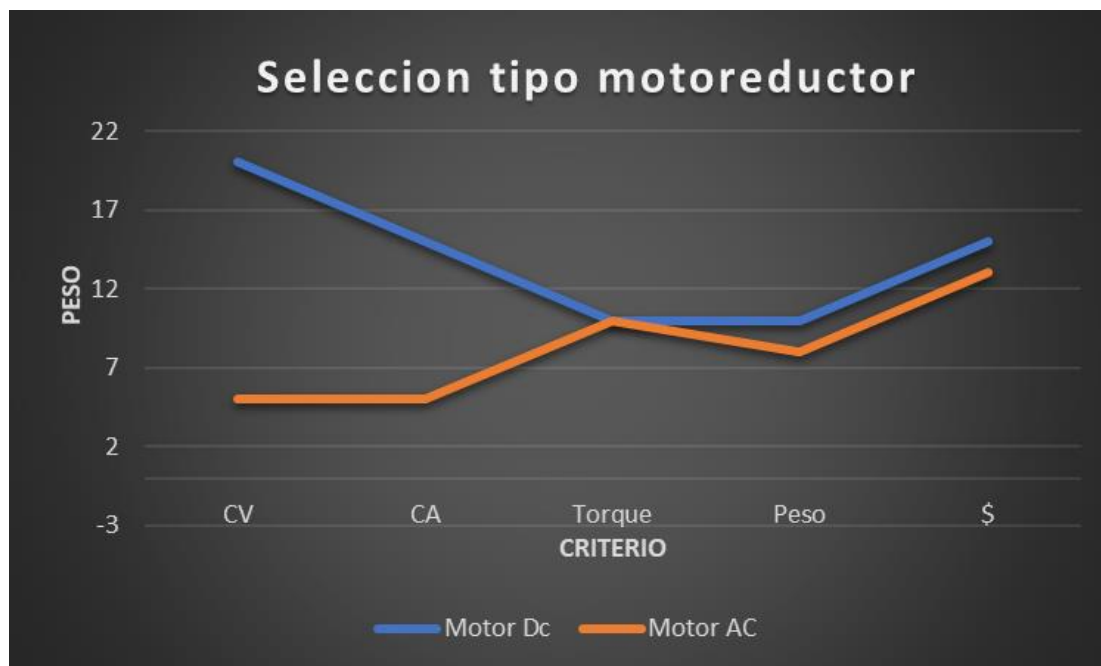





Figura 33. Gráfica de selección de tipo de motor. Autoría propia (2023).

Como se observa en la gráfica de acuerdo a los criterios, el motor de DC (Corriente Directa) es el más adecuado, luego de esta clasificación se debe seleccionar que tipo de motor DC, asimismo se llegó a la conclusión de que para este robot se necesita que los motores tengan caja reductora debido a que genera más torque para mejorar la carga del peso, y se inició con la comparación entre tres tipos de motorreductores.

Tabla 7.

Selección de Motorreductor

Criterio	Peso máx	Motorreductor De Metal 12v 300rpm N20	Peso	Motorreductor 6 Kg*cm - 100 RPM (12V)	Peso	Motorreductor Dc 12kg 12v 30rpm	Peso
Torque Mínimo: 6 kg*cm	20	1,5 kg*cm	0	6kg*cm	20	12Kg	20
Engranajes Metálicos	20	Sí	20	Sí	20	Sí	20
Revoluciones por minuto (mín. 25 RPM)	10	300	10	100	10	30	10

Voltaje de Operación (5V-12V)	15	3V a 9V	8	3V a 12V	15	12V	12
Consumo Corriente sin carga (10 mA - 200 mA)	10	40 mA	10	70 mA	10	200 mA	10
Consumo Corriente con carga (100 mA - 1500 mA)	10	400 mA	10	1200 mA	10	>200 mA	10
Precio COP	20	\$26.000	10	\$63.000	15	\$69.000	12
TOTAL	105		68		100		65
							

Nota: RPM, significa Revoluciones por minuto; mín. y máx., es una abreviatura de la palabra mínimo y máximo; (Autoría Propia).

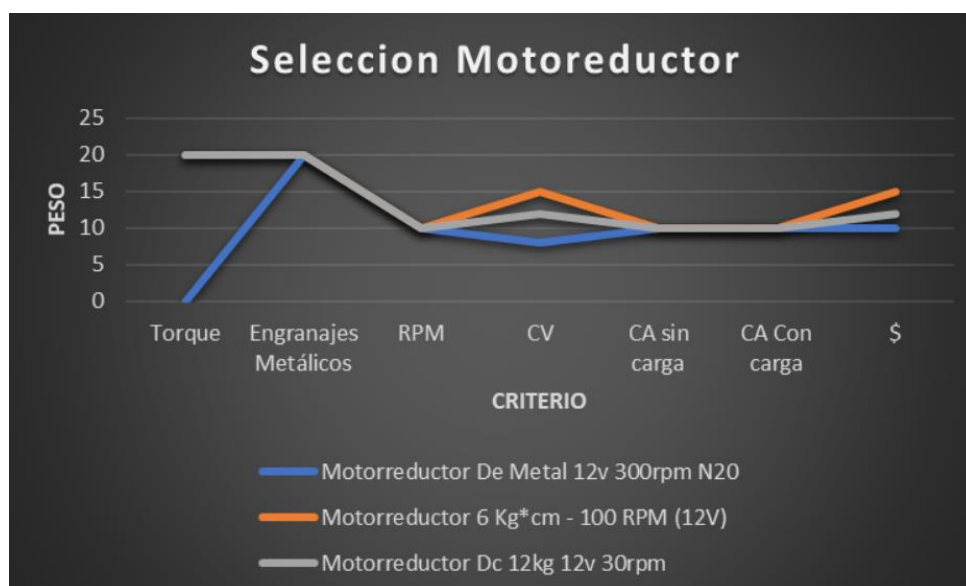


Figura 34. Gráfica de selección del motorreductor. Autoría propia (2023).

Considerando los resultados previamente obtenidos, se procede a la selección del "motorreductor 6 kg*cm - 100 RPM (12V)" debido a que ha demostrado presentar un criterio superior en comparación con los demás.

Subsistema de navegación.




Sensores. Son dispositivos capaces de medir variables o magnitudes de manera autónoma, extrayendo información del entorno físico, de diversas maneras, estas mediciones permiten extraer valores que no necesariamente se están midiendo (SDI, 2022).

Dicho esto, de acuerdo a la magnitud que es de interés, se ha comparado entre 3 tipos de sensores que permiten leer y cuantificar la distancia, entre ellos están, los sensores infrarrojos que miden la distancia emitiendo una luz que se refleja, los sensores de efecto hall que permiten saber la posición por campos magnéticos y sensores de ultrasonido que a través de emisión de ondas permite saber la distancia.

Tabla 8.

Selección de tipo de sensor

Criterio	Peso máx	Sensores infrarrojos	Peso	Efecto hall	Peso	Ultrasonido	Peso
(Mag)Magnitud: Posición	20	SI	20	SI	20	SI	20
(Sal. An)Salida: Análogo	15	SI	15	SI	15	SI	15
(REM) Recepción sin efecto magnético	20	SI	20	NO: señal electromagn ética	5	SI	20
(RG)Rango: 10- 60 cm	20	SI: 10-80 cm	19	SI: 0-70 cm	20	SI:2-450 cm	10
(Pr) Precisión	15	±5mm	15	±7mm	5	±3mm	10
(Ex) Exactitud	20	±3%	20	±4%	11	±2%	10
(Tr) Tiempo de respuesta	10	20 ms ± 4 ms	10	3μ Seg	10	500m Seg	10

(máximo 30 ms)							
(\$) Precio máx: \$30.000	20	\$ 29.000	15	\$ 11.000	13	\$ 8.000	20
Total	140		134		99		115
							

Nota: (Autoría Propia)

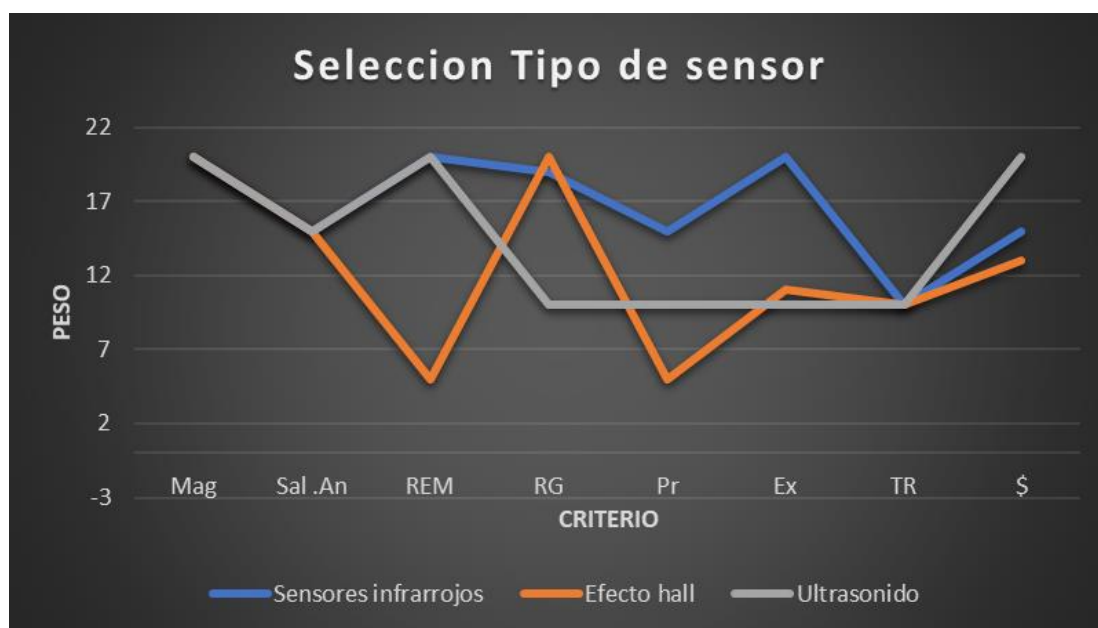





Figura 35. Gráfica de selección de tipo de sensor. Autoría propia (2023).

En vista de lo anterior, el mejor tipo de sensor para medir la distancia es el de tipo infrarrojo, destacándose por ser el mejor en precisión y exactitud, lo cual es de gran importancia para el sistema de navegación y minimizar la posibilidad de errores, posteriormente de delimitar el tipo de sensor se estudió en el mercado los 3 detectores infrarrojos más utilizados, estos son:

Tabla 9.

Selección de Sensor

Criterio	Peso máx.	Sensor De Distancia Infrarrojo I2c Gp2y0e03	Peso	sharp 0A41SKF9 2	Peso	Sensor Distancia Infrarrojo E18-d80nk	Peso
(Mag) Magnitud: Distancia	10	si	10	si	10	si	10
(CV) Consumo de voltaje (máx. 5V)	5	5V	5	5V	5	5v	5
(CA) Consumo de corriente (máx. 1A)	5	15mA	3	12mA	5	100mA	1
(RM) Rango de medición (Min. 10cm- máx. 40 cm)	10	2cm-400cm	1	4cm-30cm	9	3cm-80cm	2
(TR) Tiempo de respuesta (max 30ms)	20	20ms	10	16 ms \pm 4 ms	18	<2ms	20
(\$) Precio (máx. 30.000)	20	\$30.000	15	\$29.000	17	\$23.000- \$27.000	19
TOTAL	70		34		64		57
							

Nota: (Autoría Propia)

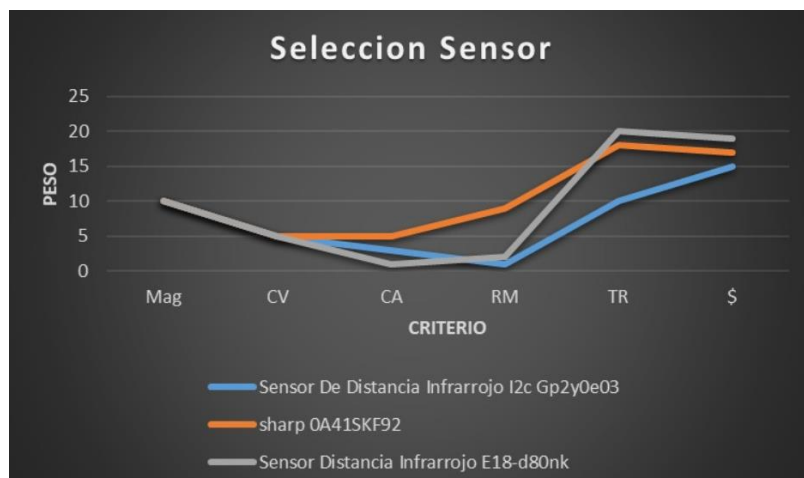


Figura 36. Gráfica de selección de sensor. Autoría propia (2023).

La información de la gráfica indica que se ha seleccionado el “sensor Distancia Infrarrojo E18-d80nk”, sin embargo, ahora mismo no se encuentra en el mercado para su compra por ello se procedió a seleccionar el sensor que seguía en la gráfica, el “Sensor De Distancia Infrarrojo I2c Gp2y0e03” que de igual forma cumple con los requerimientos.

Controlador del vehículo.




Microcontrolador. Es un circuito integrado con la capacidad de ser programado para ejecutar tareas en tiempo real, se compone por una unidad central de procesamiento, una memoria y periféricos de entrada/salida (LWP Comunidad de Programadores, 2023).

Interiorizando la información anterior, con la finalidad de la selección del microcontrolador se buscaba que fuera confiable y con la capacidad de cumplir los requerimientos de movilidad del AGV y procesamiento para la inteligencia artificial, de acuerdo a ello se escogieron los Criterios, sin embargo, también era importante que compatibilice con los distintos dispositivos ya seleccionados, basándose en lo expuesto antes, se consideraron tres controladores integrados. Ver Tabla 10.

Tabla 10.

Selección de Microcontrolador

Criterio	Peso máx.	ESP 32	Peso	Raspberry pi 4	Peso	Arduino uno	peso
Bluetooth	5	si	5	si	5	No (debe	2

						agregarse el módulo)	
Cantidad pines	15	38	13	40	15	20	10
Memoria RAM	10	448 KB	10	4GB	10	2KB	5
Memoria Flash	10	520 KB	10		10	32KB	5
Lenguajes de programación	5	Múltiples	5	Múltiples	5	Múltiples	5
Consumo de voltaje Max 12V	5	5v	5	5,1V	5	5-12v	5
Consumo de corriente Máx. 2000mA	10	80-180mA	10	575 mA-885 mA	4	50mA	0
Velocidad de transmisión de datos >=9600	20	115200 baudios	20	115200 baudios	20	9600 baudios(recomendado)	10
Precio Máx. \$100.000	20	40.000\$-60.000\$	20	400.000 \$-900.000\$	5	40.000\$-60.000\$	20
TOTAL	100		98		79		62
							

Nota: (Autoría Propia)

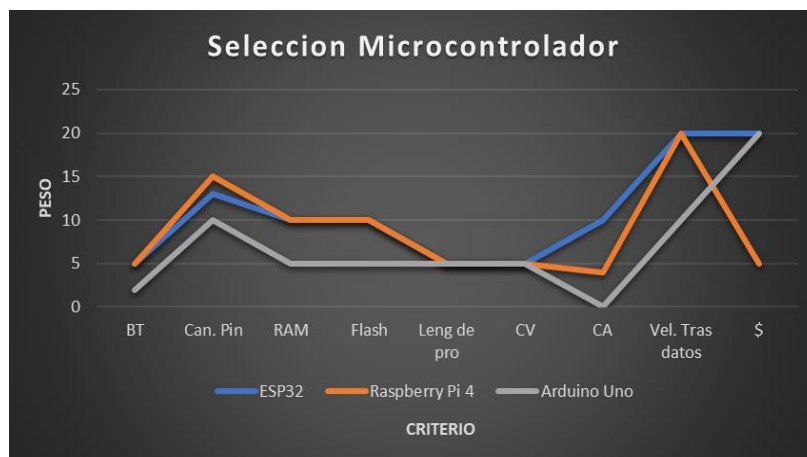


Figura 37. Gráfica de selección de Microcontrolador. Autoría propia (2023).

En resumen, la gráfica indica que de acuerdo a los pesos el microcontrolador que ha resaltado por tener un menor consumo de amperaje y mayor velocidad de transmisión de datos, es el “ESP32”, Además cumple de manera óptima el resto de requisitos, y como complemento cuenta con accesorios de gran compatibilidad como distintas cámaras de procesamiento de imágenes.

Componentes de seguridad.

Indicadores luminosos. Es un dispositivo que se utiliza para indicar el estado de un sistema o componente mediante una señal visual, Los indicadores luminosos pueden ser de diferentes tipos, como LED (diodo emisor de luz), lámparas incandescentes o lámparas fluorescentes. Por lo general, los indicadores luminosos están diseñados para emitir luz en un color específico, lo que los hace útiles para identificar rápidamente el estado de un sistema, o la posición de un elemento (AuerSignal, s.f.).

Prosiguiendo con la selección, se optó por luces LED (Diodo Emisor de Luz), ya que tienen una gran iluminación y bajo consumo, para las tablas, se comparó entre dos distintos tipos de funcionalidad del sistema LED, el primero es conocido por ser simple y con diversas funcionalidades, este es los módulos led, y el segundo es la cita neón Flex.

Tabla 11.

Selección de Tipo de indicador lumínico

Criterio	Peso máx.	Módulos LED	Peso	LED Neón	Peso
Luz fija	20	si	20	si	20
Consumo (Máx. 12V)	15	12V	15	12V- 110V	15

Consumo corriente	20	0.25A	20	0,5A- 5A	15
Colores: Multicolor	20	si	20	si	20
tiempo de vida (10.000 Horas)	15	50.0000 Horas	15	30.000 Horas	15
Precio máx.: \$ 20.000	20	\$7.000-\$12.000	20	\$15.000 o >	15
Total	110		110		100
					

Nota: (Autoría Propia)

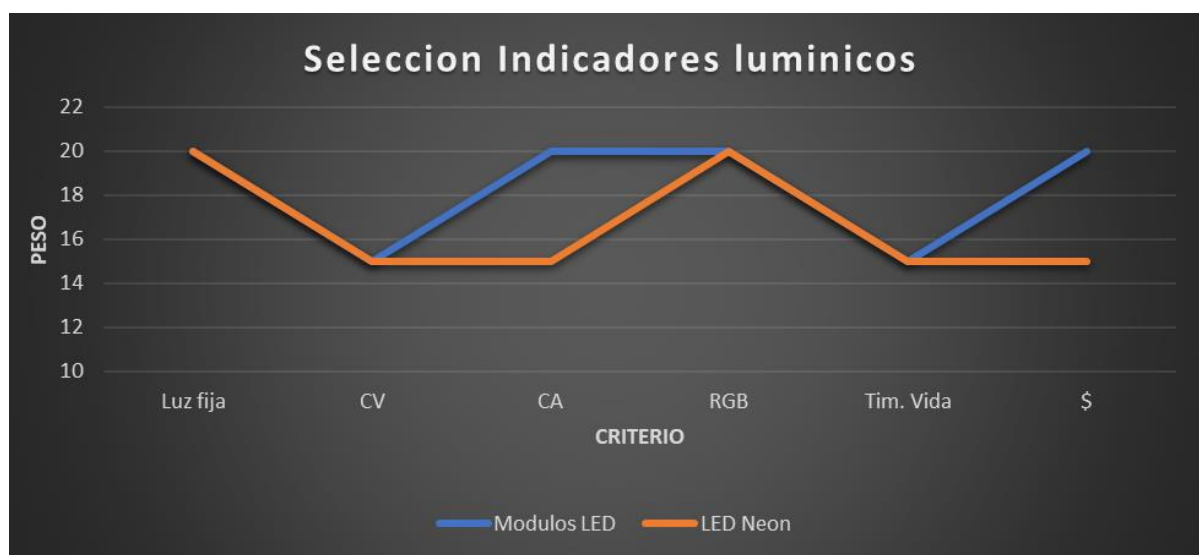


Figura 38. Gráfica de selección de Indicador lumínico. Autoría propia (2023).

De acuerdo a los datos presentados en la gráfica los “Módulos Led” tiene un menor consumo de amperaje y menor costo, aunque el “LED Neón” es también una buena opción y no hay una gran diferencia que descarte por completo la otra, por funcionalidad y diseño se designó como indicador luminoso el “LED neón” ya que es de simple instalación y visualmente es llamativo.

En síntesis, la instrumentación industrial, dado que son los dispositivos que controlan, miden y monitorean los procesos en el robot móvil, son requeridos para dar una mejora en la eficiencia, seguridad y calidad del prototipo, por lo que es fundamental elegir los mejores elementos según su

utilidad. Por tanto, las tablas y gráficas de la selección muestran los dispositivos que tienen mayor número de apropiaciones dentro del prototipo.

Fuente de alimentación.

Banco de baterías. Un robot móvil debe tener un sistema autónomo para que se desplace y ejecute tareas específicas en un ambiente determinado. Para su correcto funcionamiento, es crucial que tenga una fuente de energía autónoma que permita al robot moverse y realizar sus tareas sin depender de una fuente de energía externa.

La energía autónoma es esencial en un robot móvil por diversas razones. En primer lugar, la movilidad del robot requiere que sea capaz de desplazarse de manera autónoma y navegar por el entorno sin estar limitado por la disponibilidad de una fuente de energía externa. En segundo lugar, la flexibilidad es otro factor importante, ya que un robot móvil con energía autónoma puede operar en diferentes entornos y situaciones, sin estar restringido por la ubicación o disponibilidad de una fuente de energía externa (Long, et al., 2023).

Además, esta energía también puede ser más eficiente y económica, dado que el robot no depende de la infraestructura de energía externa y puede optimizar su uso de energía de manera más efectiva. Por último, la fuente de energía autónoma puede aumentar la seguridad, ya que el robot puede operar en áreas donde puede haber un riesgo de daño o interferencia en la infraestructura eléctrica (Long, et al., 2023).

Teniendo en cuenta la necesidad de mantener la capacidad de movimiento del robot, el diseño del banco de baterías debe considerar el peso y tamaño reducido del mismo. La selección apropiada del tamaño y tipo de batería para el banco de baterías dependerá de los requisitos de energía específicos del robot, así como de su tamaño y peso. Es fundamental que el banco de baterías sea diseñado de tal manera que cumpla con las necesidades energéticas del robot, pero sin agregar un peso excesivo o un tamaño voluminoso que pueda afectar su desempeño y maniobrabilidad. Por lo tanto, se requiere un análisis detallado de los requisitos energéticos del robot, el tamaño y peso de la batería para seleccionar la solución adecuada que garantice un funcionamiento óptimo del robot y al mismo tiempo satisfaga las restricciones mencionadas.

Para la realización óptima del banco de baterías es necesario tener en cuenta varios factores, como lo son algunos módulos de carga, módulos de conexión, entrada y salida de voltaje y tipo de baterías. Para determinar los requerimientos es necesario analizar los componentes que se van a utilizar para dicho elemento.

Batería. Es un dispositivo que transforma la energía química en energía eléctrica. También, es el conjunto de dos o más celdas galvánicas capaces de convertir energía (Schumm, s.f.).

Dentro de las baterías existen varios tipos de estas, como lo son de zinc, plomo ácido, litio, entre otras. Las baterías de zinc, una de las baterías o pilas más usadas en los hogares y funciona a través de una reacción electroquímica que involucra la oxidación del zinc en el ánodo y la reducción del óxido de manganeso en el cátodo, lo que produce una corriente eléctrica que puede ser utilizada para alimentar dispositivos electrónicos (Hamel, s.f.).

Las baterías de plomo ácido, es usada en la industria automotriz estas son recargables y utilizan una solución de ácido sulfúrico diluido como electrolito. Durante la carga, el ácido sulfúrico se disocia en iones sulfato y protones, que se acumulan en el electrodo negativo de plomo y convierten el electrodo en plomo y plomo (II). En el electrodo positivo, el dióxido de plomo se reduce a plomo (II) y se producen iones sulfato en el electrolito (Hamel, s.f.).

Las baterías de litio son una tecnología de batería recargable que utiliza iones de litio para almacenar y suministrar energía eléctrica. Estas constan de celdas electroquímicas individuales, cada una de las cuales contiene un ánodo de grafito, un cátodo de óxido de metal y un electrolito líquido. Tienen la ventaja de tener una alta densidad de energía y una larga vida útil. Sin embargo, también son conocidas por ser sensibles a la temperatura y a la sobrecarga, lo que puede resultar en una disminución de la capacidad de la batería y en algunos casos, en una falla catastrófica de la batería.

Estas son las baterías más usadas en el mundo, aunque existen nuevas e innovadoras baterías que están supliendo a las antiguas, pero algunas de estas siguen vigentes. No obstante, según el artículo Solar energy potencial in the Yangtze River Delta Region, dice que las baterías de litio se consideran actualmente la tecnología más prometedora para su uso en vehículos eléctricos debido a su alta densidad de energía, larga vida útil, eficiencia de carga y descarga y capacidad para soportar altas tasas de carga y descarga. Además, señala que las estas son más ligeras y compactas que las baterías de plomo-ácido y níquel-metal hidruro, lo que las hace ideales para su uso en aplicaciones portátiles (Murice, Abbas, Wang, Mutinda, 2020).

Además, para dar parámetros del banco de baterías es necesario hacer una lista de componentes con su consumo seleccionados anteriormente:

Tabla 12.

Consumo de elementos de instrumentación

Elemento	Cantidad	Consumo por unidad (mA)	Consumo promedio (mA)
Driver Dual L298N	1	36	36
Módulo Relé De 2 Canales Salidas Optoacopladas 5V	2	20	40
Sensor de distancia sharp gp2y0a41sk0f 4cm a 30cm	3	12	36
banco de baterías, incluido baterías de litio	2	0,06	0,12
Motor reductor 6 Kg*cm - 100 RPM (12V)	2	1200	2400
Indicador de batería SPBKBS-10	2	8	16
Convertor DC-DC tipo buck mp1584 en ajustable 2.5A	1	0,125	0,125
Convertor dc-dc tipo buck mp1584en 5v 3A	1	0,125	0,125
Módulo de carga y protección bms hw-391 cuatro baterías 18650 con balanceador	1	0,024	0,024
Convertidor DC-DC Buck LM2596 3A	1	0,08	0,08
Módulo LM393 Sensor de Velocidad	2	15	30
ESP 32	1	20	20
ESP 32 CAM	1	180	180
cinta leds (metro)	3	200	600

TOTAL	3358,474
-------	----------

Nota: (Autoría Propia)

El consumo total de los elementos electrónicos es de 3358,474 miliamperios (mA), lo cual hay que tener en cuenta para el desarrollo del banco de baterías, pero dado que algunos elementos tienen diferentes consumos de voltaje y amperaje se ha optado por hacer dos bancos de baterías, uno de 12V donde irán los elementos con esta salida de voltaje y el otro de 5V, en el cual irán conectados los distintos elementos que tengan esta salida. No se elige hacer una división de voltaje por la variación de voltaje y amperaje de los elementos, lo cual puede ver afectada la batería como se menciona en las características de las baterías de litio.

Por lo cual se muestra los elementos que tiene el banco de baterías de salida 12V conectado:

Tabla 13.

Elementos conectados al banco de baterías de salida 12V

Elemento	Cantidad	Consumo unidad (mA)	Consumo promedio (mA)
Motor reductor 6 Kg*cm - 100 RPM (12V)	2	1200	2400
Indicador de batería SPBKBS-10	1	8	8
Cinta leds (metro)	3	200	600
TOTAL			3008

Nota: (Autoría Propia)

Como se puede observar en la tabla de todos los elementos que contiene el prototipo el total de la salida es de 3358,474 mA, mientras que en la tabla de salida de 12V es un total de 3008 mA, lo cual equivale a un 89.58% del consumo total del banco.

Por otra parte, el segundo banco debe tener una salida de 5V, porque los objetos que este debe alimentar son de más bajo consumo.

Tabla 14.

Elementos conectados al banco de baterías de salida 5V

Elemento	Cantidad	Consumo unidad (mA)	Consumo promedio (mA)
Driver Dual L298N	1	36	36
Módulo Relé De 2 Canales Salidas Opto acopladas 5V	2	20	40
Sensor de distancia Sharp gp2y0a41sk0f 4cm a 30cm	3	12	36
Banco de baterías de litio	2	0,06	0,12
Convertidor dc-dc tipo buck mp1584en ajustable 2.5 A	1	0,125	0,125
Convertidor dc-dc tipo buck mp1584en 5V 3A	1	0,125	0,125
Módulo de carga y protección bms hw-391 cuatro baterías 18650 con balanceador	1	0,024	0,024
Convertidor DC-DC Buck LM2596 3A	3	0,08	0,24
Módulo LM393 Sensor de Velocidad	2	15	30
ESP 32	1	20	20
Indicador de baterías SPBKBS-10	1	8	8

ESP 32 CAM	1	180	180
TOTAL			350,634

Nota: (Autoría Propia)

Los miliamperios 350,634 que se consumen en el banco de baterías de 5V de salida son el 10.42% faltante del consumo total del prototipo del robot móvil.

Autonomía de las baterías:

Antes de continuar con los criterios de selección se calcula la capacidad de la batería. Para esto se debe tener en cuenta la tabla de consumos totales de los componentes que drenan cada una del banco de baterías, la potencia de entrada, la potencia de salida y un factor de seguridad.

$$\text{Potencia de entrada} * \text{eficiencia} = \text{Potencia de salida} * \text{Tiempo} * FS \quad (6)$$

Los siguientes cálculos son para el banco de baterías de 12V de salida.

$$17V * \text{autonomía} * 0.9 = 12V * 3008 \text{ mA} * 0.55\text{h} * 1.5$$

La entrada debe ser de 17V debido a que en la tabla 18 muestra como la placa del módulo de carga y protección bms hw-391 cuatro baterías 18650 con balanceador, tiene diferentes tipos entradas, la cual una de ellas es 17V, sumado a esto, el voltaje de entrada para cargar el dispositivo tiene que ser mayor, puesto que esta información la brinda el fabricante de la batería base. El cual dice que mínimo se debe tener un 13.8V en adelante. Asimismo, la eficiencia es dada por el datasheet del objeto. Por otra parte, se cree que el tiempo de batería para el prototipo es de 0.55 h o 33 minutos, para que cumpla con los requerimientos básicos de un prototipo, por último, se da un factor de seguridad de 1,5.

$$\text{Autonomía} = (12V * 3008 \text{ mA} * 0.55\text{h} * 1.5) / (17V * 0.9)$$




$$\text{Autonomía} = 1946,35294 \text{ mAh}$$

Por tanto, el banco de baterías que necesita como mínimo es de 1946,35294 mAh para realizar las tareas con los parámetros establecidos en la ecuación.

Cálculos para el banco de baterías de salida 5V:

$$12V * \text{autonomía} * 0.9 = 5V * 350,634\text{mA} * 12 \text{ h} * 1.5$$

El banco de baterías de salida 5V según la tabla 18, da a conocer como el módulo de carga necesita 12V de entrada, por motivo de la salida del primer banco de baterías y así poder cargar los dos bancos al mismo tiempo. Para los datos establecidos en la ecuación, los 0.9 de eficiencia los brinda el datasheet del producto, la salida de 5V es la que se necesita para hacer las conexiones de

Tipo de batería (Litio)	20	SI	20	NO (plomo ácido)	3	SI	20
Capacidad (máx. 5 A)	15	120000 mA	15	500 A	15	4 A	14
Peso (500 gramos)	15	750	15	13000	1	800	14
Voltaje de alimentación (17V)	15	5v	5	No especifica	0	17 V	15
Corriente de alimentación (máx. 4A)	10	2,1A	6	No especifica	0	3 A	8
Capacidad nominal	15	120000 mA	15	500 A	15	4000 mA	14
Voltaje de salida (12V)	10	5,1 V	4	12V	10	12 v	10
Corriente de salida (máx. 4A)	20	3,6 A	18	500 A	20	4 A	20
Precio (COP)	15	164000	11	309000	2	150000	14
Total	135		109		66		129

Nota: (Autoría Propia)




Se puede observar que la batería de litio posee un peso superior en comparación con las otras dos alternativas de suministro de energía analizadas. Por lo tanto, es necesario elaborar tablas para efectuar una selección adecuada de la instrumentación a utilizar.

Dado que el banco de baterías es de litio, es esencial utilizar baterías del mismo tipo, por lo que es necesario aplicar un filtro para encontrar las referencias que cumplan con los requisitos específicos:

Tabla 16.

Selección de Batería

Criterio	Peso máx.	TENERGY 18650 2200mAh Li-Ion Cell	Peso	LG LGABD11865 Cell	Peso	Lithium ion NCR18650GA	Peso
Capacidad nominal	20	2200mAh (02C. Discharge)	19	1700mAh	20	3450mAh	15
Capacidad mínima	20	2100mAh (02C. Discharge)	17	2800 mAh	15	3350mAh	14
Voltaje nominal	15	3,7 V	15	3,75 V	15	3,6 V	15
Voltaje de carga	15	4,2 V	15	4,35 V	14	4,2 V	15
Peso	10	45 ± 1g	9	47 g	9	48 g	9
Temperatura de carga	15	0 a 45 °C	15	0 a 45°C	15	10°C a 45°C	15
Temperatura de descarga	10	-20 a 60 °C	10	-20 a 60°C	10	-20°C a 60°C	10
Corriente de carga (CC/CV)	20	1100m A	18	2900 mA	20	1475 mA	14

corriente de descarga	20	1100m A	17	1450 mA	16	no especifica	0
impedancia interna	5	$\leq 80\text{m}\Omega$ (CON PTC)	5	$\leq 70\text{m}\Omega$ (con PTC)	4	no especifica	0
Precio (unitario)	10	25000	10	29000	9	82000	5
							
Total	160		150		147		112

Nota: (Autoría Propia)

Entre las distintas opciones de baterías evaluadas, se determinó que las celdas de iones de litio TENERGY 18650 con una capacidad de 2200mAh son las más apropiadas para conformar el banco de baterías de 12V de salida, ya que satisfacen la mayoría de los criterios establecidos, en comparación con las otras dos alternativas que pueden cumplir con las necesidades, pero con un menor nivel de eficiencia.

La Segunda opción más alta fue LG LGABD11865 Cel., por cumplir con gran parte de los parámetros adicionales se elige como la batería base para hacer el segundo banco de baterías de salida 5V, por lo cual se necesita una menor cantidad y cumple con las especificaciones.




Los bancos de baterías incluyen otros componentes, como convertidores, módulos de carga, convertidores y conexiones, los cuales son necesarios para asegurar un flujo de electrones óptimo.

Un convertidor es un dispositivo que tiene la capacidad de modificar las propiedades de la tensión y corriente que recibe, con el fin de transformarla de manera óptima para los usos específicos a los cuales está destinada (LeroyMerlin, 2022).

Es fundamental tener en cuenta esta información al momento de diseñar el banco de baterías, debido que, los convertidores son elementos clave para asegurar que la energía generada por las baterías se adapte de manera óptima a las necesidades del sistema al que se está suministrando la energía.

Tabla 17.

Selección de Conversor

Criterio	Peso máx.	Conversor DC-DC tipo Boost Con MicroUSB 6W 2A	Peso	Conversor DC DC Buck 5A (Reacondicionado)	Peso	Regulador de voltaje	Peso
Voltaje de entrada (4V - 12V)	10	SI (2 V - 24V)	5	SI (4V - 38V)	10	SI (7 V - 35V)	8
Voltaje de salida (5V)	10	SI (5 V - 26V)	8	SI (1.25 V - 36V)	7	SI (4.5V-5.5V)	8
Corriente de salida (2 A)	20	SI (2 A)	20	SI (5A recomendado a 4,5A)	17	SI (1,5 A)	20
Eficiencia	15	93 % (Max)	12	96 % (Max)	14	96 % (Max)	14
Temperatura de funcionamiento (40 °C)	10	SI (-40° C a 75°C)	10	SI (-40° C a 75°C)	10	SI (0° C a 150°C)	10
							
Total	65		55		58		60

Nota: (Autoría Propia)

Aunque el Conversor DC-DC Tipo Buck MP1584EN Ajustable 2.5A fue la elección inicial debido a sus características pertinentes para el banco de baterías, también se encontró que el




Convertor DC-DC Buck 5A (Reacondicionado) es capaz de satisfacer las necesidades de manera adecuada.

Asimismo, se requiere un convertor para convertir la señal del banco de baterías a una señal de 5V, necesaria para alimentar el microcontrolador, la ESP32-CAM y los sensores Sharp. Con este fin, se ha elaborado la siguiente tabla:

Tabla 18.

Selección de módulo cargador

Criterio	Peso máx.	Módulo Cargador Batería de LiPo 1A Micro Usb 5V – TP4056	Peso	Módulo Cargador Batería de LiPo 1A USB C 5V – TP4056	Peso	Módulo de carga y protección bms hw-391 cuatro baterías 18650 con balanceador	Peso
Tipo de baterías: Litio	15	SI (Litio o Lipo (polímero de litio))	15	SI (Litio o Lipo (polímero de litio))	15	SI (Litio o Lipo (polímero de litio))	15
Voltaje de sobrecarga (5V max)	15	SI (4,2V)	15	SI (4,2VDC)	15	SI (4,1 VDC a 4,2VDC)	15
Voltaje de descarga (3V)	15	SI (1.5 V a 5 V)	15	SI (1.5 V a 5V)	15	SI (2,4VDC a 2,6VDC)	15
Corriente entrada (5A max)	15	SI (1 A)	5	SI (1 A)	5	SI (1A a 20 A regulable)	15
Temperatura de funcionamiento (40°C)	10	SI (-10° C a 85°C)	10	SI (-10° C a 85°C)	10	SI (-40° C a 80°C)	10

Voltaje de carga (17V)	20	SI (4,5V a 5,5V)	4	SI (4,5V a 5,5V)	4	SI (16,8V a 18,1V)	20
							
Total	90		54		54		90

Nota: (Autoría Propia)




Puesto que se deben satisfacer los criterios establecidos para las baterías de litio, es necesario aplicar la tercera opción de la tabla, la cual corresponde al módulo de carga y protección BMS HW-391 para cuatro baterías 18650 con balanceador.

Al elaborar el nuevo instrumento, es importante que el cargador utilizado cumpla con las características finales del mismo. Para lograr esto, se requiere un convertidor DC-DC capaz de transformar la señal de voltaje y corriente a valores adecuados para la carga de la batería. Este tipo de convertidor tiene la función de transformar “un voltaje de CD no regulado en uno regulado, utilizando una técnica de regulación por PWM (modulación de ancho de pulso) a una determinada frecuencia” (Blanco, 2007, p. 4). La selección de este dispositivo se llevó a cabo de la siguiente forma:

Tabla 19.

Selección de Convertidor para cargador (17V)

Criterio	Peso máx.	Convertidor DC-DC MT 3608 Boost Elevador 2A	Peso	Convertidor DC-DC Boost Elevador de 3.7V-12V a 5V/ 8V/ 9V/ 12V	Peso	Convertidor DC-DC Buck LM2596 3A	Peso
Voltaje de entrada (17V)	20	SI (2V a 24V)	20	SI (2,5 V - 5V)	4	SI (4,5V a 35V)	20
Voltaje de salida (12V)	20	SI (5 V a 28V)	20	SI (12V)	20	SI (1,25 V a 30V)	20

Voltaje de entrada (17V)	20	SI (6V a 40V)	20	SI (4V a 38 V)	20	SI (7V a 24V)	20
Voltaje de salida (5V)	20	SI (1,2 V a 35V)	17	SI (1,25 V a 36V)	17	SI (5V)	20
Corriente de entrada (4A)	20	no especifica la referencia	0	no especifica la referencia	0	SI (5A max)	20
Corriente de salida (3A)	15	SI (20A max)	14	SI (5A)	15	SI (3A max)	15
Eficiencia	10	SI (95%)	7	SI (96%)	8	SI (96%)	8
Temperatura de funcionamiento (40°C)	10	no especifica la referencia	0	no especifica la referencia	0	SI (-40°C a 85°C)	10
							
Total	95		58		60		93

Nota: (Autoría Propia)

El Conversor DC-DC tipo Buck KIS3R33S 5V/3A ha sido seleccionado con el propósito de brindar estabilidad a la señal de entrada de voltaje y corriente que se suministrará a los dispositivos de instrumentación, a través de la regulación de la tensión de entrada y la corriente, para garantizar el correcto funcionamiento de los mismos.

Para realizar la conexión de la instrumentación industrial se debe tener en cuenta el calibre del cable que se debe manejar.

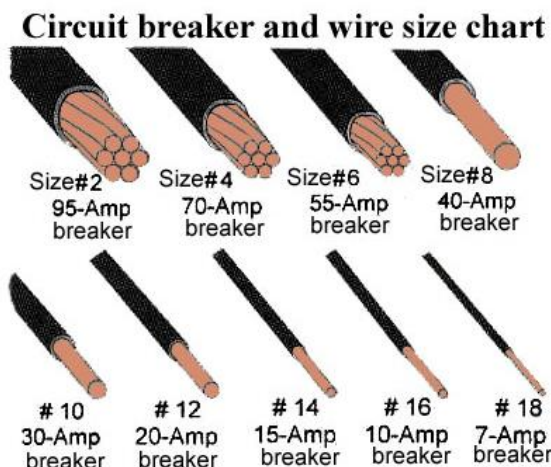


Figura 39. Tamaños de disyuntores y cables. Electricistasrd.com.

Tabla 21.

Índice de clasificación AWG

American Wire Gauge (AWG)	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Resistencia (Ohm/km)	Capacidad (A)
5	4,621	16,77	1,01	48
6	4,115	13,30	1,27	38
7	3,665	10,55	1,70	30
8	3,264	8,36	2,03	24
9	2,906	6,63	2,56	19
10	2,588	5,26	3,23	15
11	2,305	4,17	4,07	12
12	2,053	3,31	5,13	9,5
13	1,828	2,63	6,49	7,5
14	1,628	2,08	8,17	6,0
15	1,450	1,65	10,3	4,8
16	1,291	1,31	12,9	3,7
17	1,150	1,04	16,34	3,2

Nota: Tabla extraída de Electrotec. Se extrae la clasificación desde el número AWG 5 hasta el 17.

Como se puede observar en la Tabla 21 se debe utilizar un calibre 16 o 15, debido que es un consumo de corriente adecuado a el manejo de 4 amperios aproximadamente (< 3.7A).

En la siguiente lista se muestra los elementos que se utilizan para realizar un adecuado banco de baterías, se debe tener en cuenta el consumo de la instrumentación industrial para realizar la fuente de alimentación:

- Cable calibre 16
- Baterías TENERGY 18650 2200mAh Li-Ion Cell

- Conectores Eléctricos (Borneras tipo macho)
- El convertidor DC - DC Buck LM2596 3A
- Conversor DC - DC tipo buck kis3r33s 5v/3a
- Módulo de carga y protección bms hw-391 cuatro baterías 18650 con balanceador
- Conversor DC - DC tipo buck mp1584 en 5v/3A

Sistema de identificación.

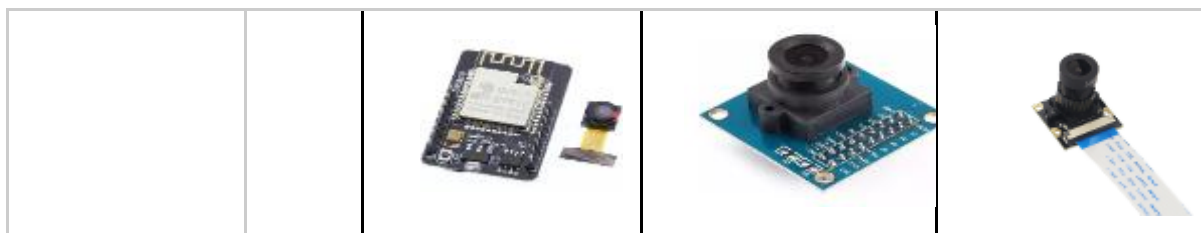
Cámara. En este escenario se da referencia a la cámara como un dispositivo para registrar imágenes o videos. Se compone de un cuerpo o carcasa que aloja una serie de componentes electrónicos, como un sensor de imagen, una lente, un obturador y un procesador de imagen (Definición, 2023).

Para su selección se tuvo en cuenta la cámara según los microcontroladores propuestos, una para el ESP32, otra para Arduino y por último para raspberry, la idea era evaluar su funcionalidad y capacidades como se puede ver en la siguiente tabla y para entender de mejor manera el resultado proseguir con la gráfica.

Tabla 22.

Selección del Tipo de cámara para el proyecto

Criterio	Peso máxima	ESP 32 cam	Peso	Cámara arduino	Peso	Cámara raspberry	Peso
Magnitud: Presencia	15	SI	15	SI	15	SI	15
Voltaje de alimentación: <5V	10	SI (1,7V - 3,3V)	10	SI (1,7V a 3V)	9	SI (1,7V a 3V)	9
Material de proceso: sólidos	10	SI	10	SI	10	SI	10
Resolución (Mín. 1000 x 1000p)	15	SI (1600*1200p)	15	SI (640*480p)	10	SI (1080p)	13
Consumo (Máx. <200mA)	20	SI (20mA)	15	SI (60mV)	18	SI (96 mA)	10
Precio (COP máximo 50000)	20	SI (45000)	18	SI (30000)	20	SI(57000)	4
Total	90		83		82		61



Nota: (Autoría Propia)

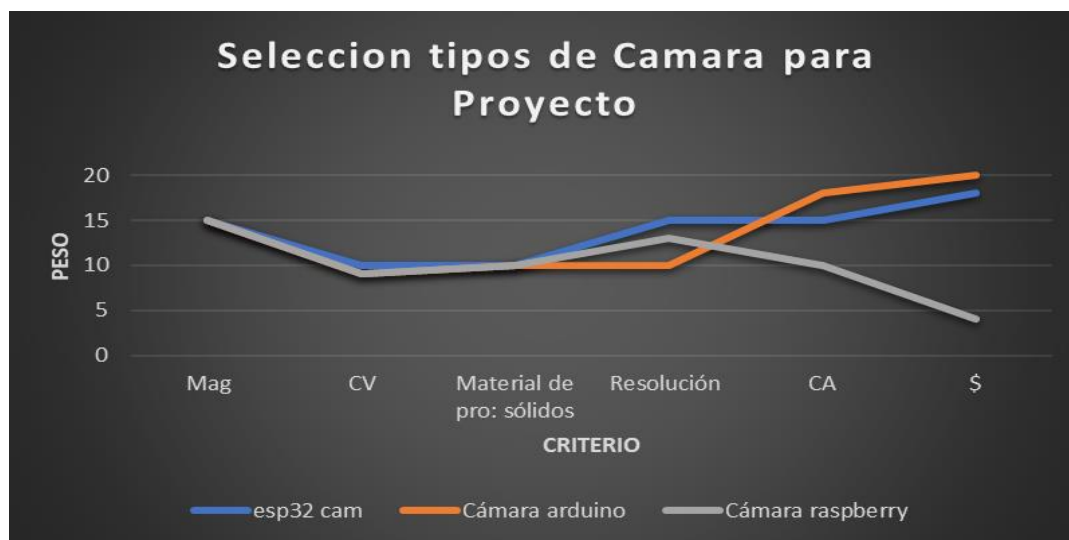





Figura 40. Gráfica de selección del tipo de cámara para el proyecto. Autoría propia (2023).

Si se analiza la gráfica, se puede observar que las cámaras que se adaptan mejor al proyecto son la "ESP32 CAM" y la "cámara de arduino". Esto se debe a que, a pesar de que la "cámara raspberry" tenía una resolución aceptable, su peso Max, se redujo dado que su consumo de amperaje fue más alto que el de las otras cámaras. Además, su costo en el mercado es significativamente mayor. Por otro lado, por razones de compatibilidad con el microcontrolador ESP32, se ha escogido la "ESP32 CAM", empero hay distintas versiones de dicho componente por ello se ha realizado una segunda comparación con la respectiva gráfica, para escoger la mejor versión.

Tabla 23.

Selección del tipo de Esp32 cam

criterio	Peso máxima	esp32 cam AI-Thinker	Peso	esp32 cam wrover-dev	Peso	esp32 cam ESP-EYE	Peso
Magnitud: Presencia	15	SI	15	SI	15	SI	15
Voltaje de alimentación	10	SI (2,2V a 3,3v)	10	SI (2,2V a 3,3v)	10	SI (2,2V a 3,3v)	10

(Min. <5V)							
Material de proceso: sólidos	10	SI	10	SI	10	SI	10
Consumo (Max. <200mA)	20	80mA	20	80mA	20	0,5A	10
Conexión por IP	15	SI	15	SI	15	SI	15
Temperatura de operación (50°C)	10	-20°C a 85°C	10	-20°C a 65°C	7	-20°C a 80°C	8
Precio (COP máximo 50000)	20	SI (45000)	20	SI (60,000)	10	SI (114,000)	3
Total	85		85		72		71
							

Nota: (Autoría Propia)



Figura 41. Gráfica de selección de cámara tipo Esp32. Autoría propia (2023).

Observando los indicadores visuales, la cámara “esp32 cam AI-thinker” fue la designada por gran calidad y precio, inclusive cuenta con un diseño para proyectos de tipo inteligencia artificial, y reconocimiento de imágenes.

Diagrama de instrumentación

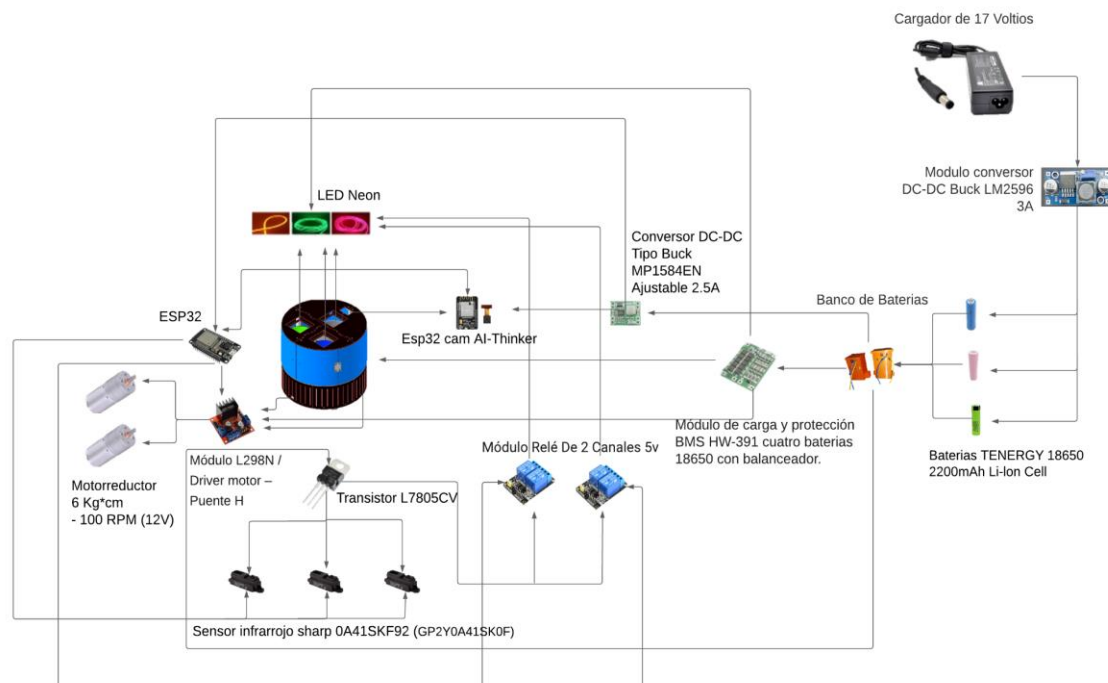


Figura 42. Diagrama de Instrumentación tipo explosionado. Autoría propia (2023).

Inteligencia artificial (IA)

Se define como:

La capacidad de las máquinas para utilizar algoritmos, aprender de los datos y aplicar el conocimiento adquirido en la toma de decisiones. A diferencia de los humanos, los dispositivos basados en IA no requieren descanso y tienen la capacidad de analizar grandes volúmenes de información de manera simultánea. Además, se ha observado que las máquinas que llevan a cabo las mismas tareas que los seres humanos presentan una proporción de errores significativamente inferior. (Rouhiainen, 2018, p. 17).

La inclusión de una Inteligencia Artificial (IA) en un proyecto con capacidad para el reconocimiento de objetos, puede resultar eficiente debido a las mejoras significativas que se pueden obtener en la eficiencia y precisión de los procesos automatizados.

Una IA con habilidades de reconocimiento de objetos puede procesar grandes volúmenes de información de manera más rápida y efectiva que un ser humano, logrando así una mayor eficiencia en la automatización de tareas específicas. Además, al ser entrenada adecuadamente, la IA puede detectar y reconocer objetos con mayor precisión y consistencia, reduciendo así la proporción de errores que podrían surgir en la ejecución de las tareas.

El entrenamiento de esta inteligencia artificial se hará por medio del programa de Cascade Trainer GUI. Una plataforma de software diseñada para efectuar el entrenamiento de clasificadores basados en cascada en el reconocimiento de objetos en imágenes. Esta herramienta provee una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permite a los usuarios llevar a cabo el entrenamiento y la evaluación eficiente del rendimiento de sus modelos de clasificación de objetos en imágenes (Amin, s.f.).

Luego de tomar las imágenes y de ser entrenado por Cascade, este mismo muestra como reconoce cada uno de los cinco elementos seleccionados:

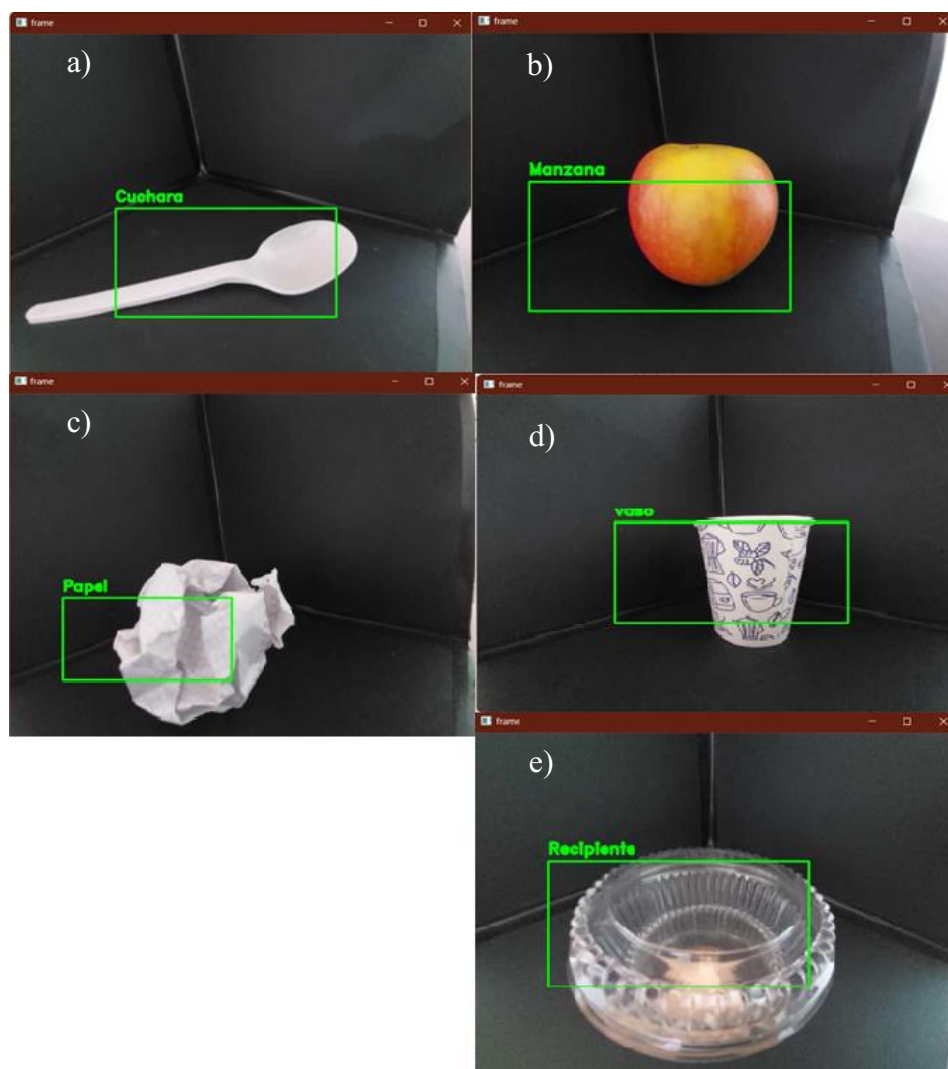


Figura 43. Reconocimiento de: a) Cuchara, b) Manzana, c) Bola de papel, d) Vaso cartón, e) envase de plástico un solo uso. Autoría propia (2023).

La unidad de procesamiento del ESP32 transmite una señal de activación a los componentes conectados al mismo, al recibir una señal de entrada externa desde dichos elementos. La señal de

activación enviada por el ESP32 es específica para cada uno de estos, y tiene como objetivo proporcionar una señalización adecuada para su correcto funcionamiento.

Desarrollo de Objetivo 3 - Estructura Mecánica

Necesidades y posibles limitaciones.

La estructura del robot móvil debe implementar las diferentes características que responden a las necesidades presentes en este mismo. Tales características limitan y dirigen la forma y los elementos en el que se conformará su construcción final, incluyendo las áreas, secciones o espacios necesarios para la disposición de entrada de los residuos sólidos seleccionados a las canecas internas que debe portar. La estructura tiene que adaptar dentro de su composición los componentes de instrumentación elegidos que permiten el funcionamiento general de todo el sistema, y los diferentes elementos de sujeción que necesita implementar para unir la misma estructura.

Las necesidades y limitaciones identificadas describen lo siguiente:

N1. Uso de tres canecas que representan respectivamente cada ejemplar seleccionado del tipo de residuo aplicado en el prototipo, y tengan el espacio y área de entrada adecuada para depositar aquellos ejemplares en sus interiores.

N2. Espacio volumétrico de ubicación de los elementos de instrumentación dentro de la estructura (excepto ESP32cam y LEDs) mínimo de 1800 cm^3 (factor de seguridad de 1.5) con una altura mínima de 12 cm.

N3. El tamaño general o exterior de la estructura, mantenga dimensiones no mayores a 50 cm x 50 cm x 50 cm.

N4. Uso de materiales ligeros.

N5. Geometría de la estructura exterior práctica, que reduzca posibles afectaciones negativas por obstáculos, o produzca problemas de atascamiento en la realización de un giro o movimiento específico.

N6. Armado modular. El tamaño de las piezas por impresión 3D no superen el área de impresión, de 30 cm x 30 cm.

N7. Capacidad de almacenamiento de residuos mínimo de 2000 cm^3 o 2 Lt por caneca calculado con un factor de Seguridad de 1.2.

Diseño de la estructura del prototipo.

Dentro del proceso de realización y teniendo en cuenta las necesidades y limitaciones descritas anteriormente, se produce las siguientes etapas de formulación en el desarrollo de la estructura del prototipo hasta encontrar una iteración adecuada.

Etapa 1. Planteamiento del Pre-diseño de la parte creativa que solventa inicialmente la estructura mecánica exterior.

Pre-diseño propuesto. Se dibuja el boceto del posible diseño a usar como estructura, el cual muestra una forma cúbica. Este pre-diseño se asemeja al contenedor de basuras que agrupa las tres canecas de residuos normalizados, observadas en la institución.

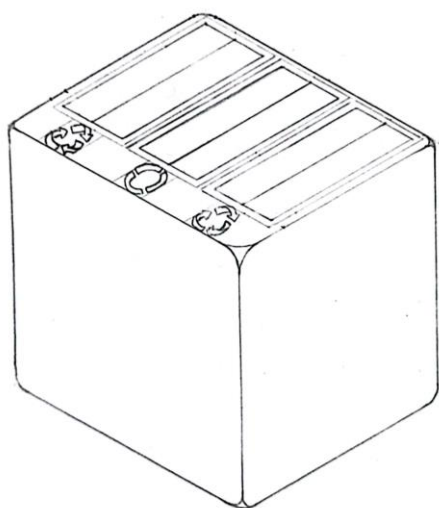


Figura 44. Pre-diseño de prototipo #1. Autoría propia (2023).

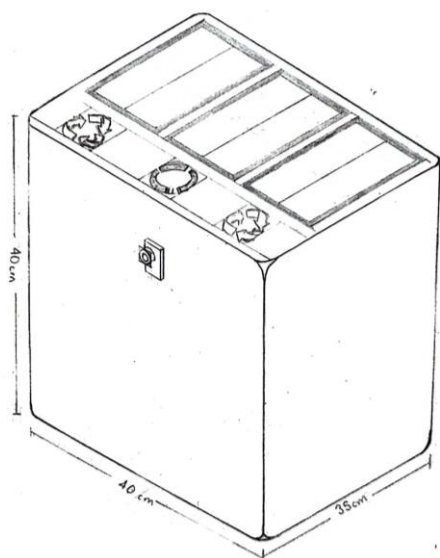


Figura 45. Pre-diseño de prototipo #2. Autoría propia (2023).

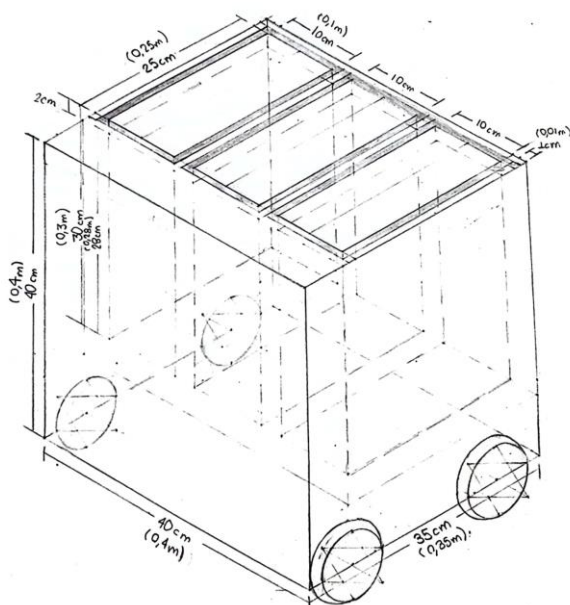


Figura 46. Pre-diseño de prototipo #3. Autoría propia (2023).

En la realización del pre-diseño se decide usar los siguientes polímeros como materiales propuestos en la tabla 24, debido a su baja densidad, y según la parte modular que se opta aplicar. Tabla 24.

Materiales a usar con su respectiva ficha técnica de sus propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas de los materiales a usar.	PLA (Ácido poli láctico) [filamento - impresión 3D] Peso específico: 1.24 gr/cm ³	PMMA (Polimetilmetacrilato - Acrílico) Peso específico: 1.19 gr/cm ³
Resistencia a la fluencia σ_y	41,9 MPa (en promedio)	53,8-72,4 MPa
Resistencia a la tensión	34,7 - 59,5 MPa	48 - 79,6 MPa
Módulo de Elasticidad	2131 - 3000 MPa	2240 - 3800 MPa
Resistencia a la flexión	76,7 - 98 MPa	38 - 90,8 MPa
Módulo de Flexión	1715 - 3630 MPa	1200 - 3380 MPa
Elongación a la rotura	1,2 - 5%	1 - 10,1 %

Nota: Valores obtenidos de MatWeb (Material Property Data); del libro Materials Selection in Mechanical Design Fourth Edition [Michael F. Ashby]; y del libro Poly(lactic acid), Synthesis, Structures, Properties, Processing and Applications.

Etapa 2. Diseños planteados que presentan la estructura mecánica exterior que acude a solventar las necesidades y limitaciones.

Diseño propuesto #1.

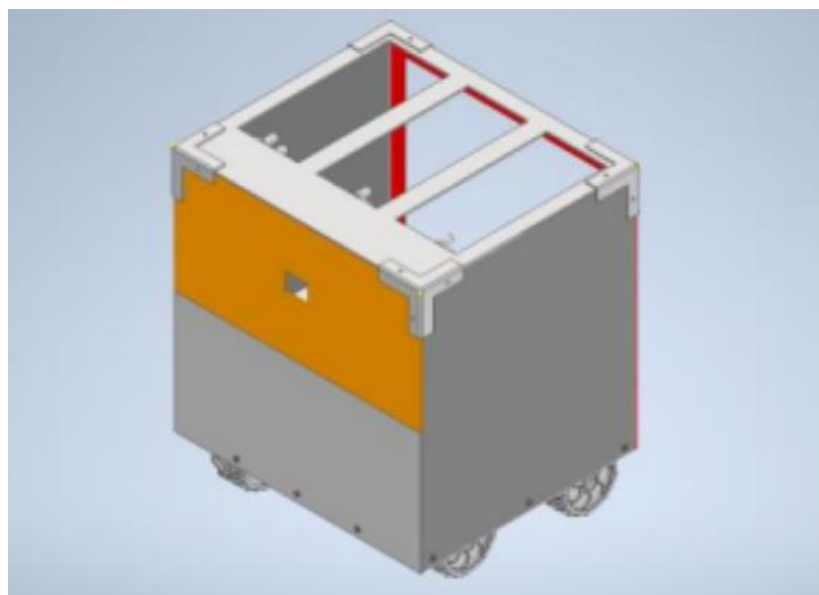


Figura 47. Diseño #1 del prototipo. Autoría propia (2023).

En el diseño #1 se decide utilizar en general Acrílico (PMMA) como material principal, junto a elementos esquineros de PLA en conjunto de elementos de sujeción (tornillos y roscas) para el armado general. En la siguiente tabla se observa si se cumplen las necesidades planteadas.

Tabla 25.

Tabla de evaluación de necesidades para diseño #1

Necesidad - criterio	Evaluadores	Votos
N1. Uso de tres canecas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N2. Espacio volumétrico para instrumentación - min. 1800 cm^3 .	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N3. Tamaño general no mayor a $50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal 	3

	✓ Julián Leonardo Orjuela Pena	
N4. Uso de materiales ligeros	✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena	3
N5. Geometría de la estructura exterior práctica, ante obstáculos.	Juan Felipe Hernández Barrera Jeisson Mauricio Ángel Leal Julián Leonardo Orjuela Pena	0
N6. Armado modular. Piezas imprimidas que no superen un área de 30 x 30 cm	Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena	2
N7. Capacidad de almacenamiento de mínimo 2 Lt por caneca.	✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena	3
TOTAL	Cumple la mayoría de necesidades	17

Nota: (Autoría propia)

Se decide no continuar con este diseño porque no solventa por completo las necesidades o criterios N5 y N6, y por el uso de cuatro motores, lo cual modifica la cantidad de unidades a adquirir de este elemento, estipulado dentro de la selección de componentes de instrumentación.

Diseño propuesto #2. Realizado con intención de mejorar la Geometría de la estructura exterior a una más práctica y modular. En la cual para resolver el criterio N5, se mejora la forma de la estructura, implementado una superficie lateral cilíndrica o un cuerpo cilíndrico; y para solventar el criterio N6, se mejora el tamaño, estableciendo partes modulares de dimensiones menores a 30 cm x 30 cm, respetando el área de impresión 3D.

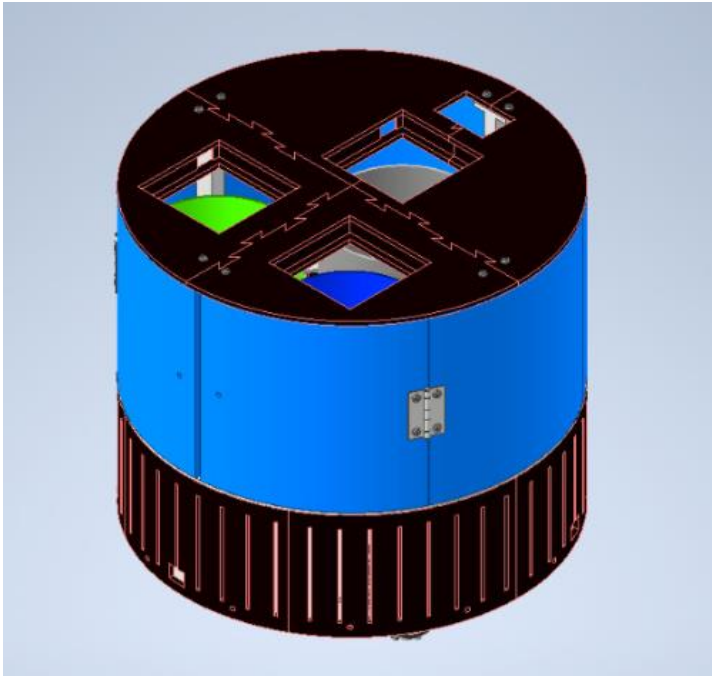


Figura 48. Diseño #2 del prototipo. Autoría propia (2023).

En este diseño se decide cambiar la forma de la estructura de una cúbica a una cilíndrica, debido a la capacidad de la última para: evitar atascamientos, evadir o soportar golpes perjudiciales al dividir mejor la energía absorbida de las cargas en la superficie lateral del prototipo por mantener un comportamiento más uniforme en la distribución de esfuerzos en toda su forma, prevenir o solventar la superación de obstáculos con un simple giro, y facilitar el movimiento de traslación durante su funcionamiento al seguir una trayectoria indicada. Las partes modulares se unen bajo un encaje circular y trapezoidal visualizado en su sección transversal, parecida a las piezas de rompecabezas.

Dentro del proceso de desarrollo se decide implementar el uso de columnas en el interior que soporten el peso de las canecas y su contenido, la superficie superior modular que paralelamente o en el mismo plano une tres partes que compone la misma superficie con conjuntos de tornillos con tuerca, y algunos elementos de instrumentación como es la cámara y los indicadores LED. Todo para que el soporte general de todo el peso del robot esté correctamente puesto sobre la base inferior a través de las uniones de los extremos de las columnas, y reducir posibles deflexiones en la base superior del plano horizontal del prototipo. Además, la mayoría de elementos de instrumentación están descansando sobre la base inferior.

Las rejillas o espacios visualizados en el exterior de la sección inferior, están puestos para mejorar la ventilación al interior y reducir las temperaturas producidas por los componentes electrónicos de instrumentación.

En el diseño #2 se decide usar en general PLA como material aplicado en las columnas, partes modulares, y algunos elementos adicionales (protección para banco de baterías); y el uso del acrílico en la base inferior y base superior, para mejorar la uniformidad del material.

En la siguiente tabla se observa si se cumplen las necesidades planteadas.

Tabla 26.

Tabla de evaluación de necesidades para diseño #2

Necesidad - criterio	Evaluadores	Votos
N1. Uso de tres canecas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N2. Espacio volumétrico para instrumentación - min. 1800 cm^3 .	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N3. Tamaño general no mayor a 50 cm x 50 cm x 50 cm.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N4. Uso de materiales ligeros	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N5. Geometría de la estructura exterior práctica, ante obstáculos.	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena 	3
N6. Armado modular. Piezas imprimidas que no superen un área	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal 	3

de 30 x 30 cm	✓ Julián Leonardo Orjuela Pena	
N7. Capacidad de almacenamiento de mínimo 2 Lt por caneca.	✓ Juan Felipe Hernández Barrera ✓ Jeisson Mauricio Ángel Leal ✓ Julián Leonardo Orjuela Pena	3
TOTAL	Cumple - Aceptado	21

Nota: (Autoría propia)

Etapa 3. Evaluación de diseño que valide la resistencia mecánica.

Finalmente, para obtener un diseño adecuado se debe complementar su implementación con un soporte teórico que valide el uso de los materiales y la misma estructura mecánica. Para realizarlo se usa el software Autodesk Inventor, el cual realiza un análisis de tensiones, a través del uso del método de malla de elementos finitos, que nos entrega y proyecta resultados necesarios para validar la misma estructura.

Análisis de tensiones (Inventor). Con el análisis de tensiones del software, se evaluará los siguientes puntos, para validar las propiedades mecánicas de los materiales utilizados:

- Esfuerzo de Von Mises
- Esfuerzo de tensión - tracción
- Esfuerzo de compresión

El análisis se realizó con la aplicación de dos cargas con relación a la dirección de la gravedad. La primera carga se aplicó en la base inferior con una magnitud de 98.1 N o un peso de 10 Kg, y la segunda carga se aplicó en la base superior con una magnitud de 29.5 N o un peso de 3.01 kg. Estas magnitudes son estimadas como valores máximos, o extrapolados del margen real del peso que experimenta el prototipo en su interior.

Resultado de Tensión de Von Mises. El esfuerzo de Von Mises es un valor o término aplicado en la metodología de energía de distorsión (mecánica), para deducir o estimar fallas en los materiales al someterlos a una serie de esfuerzos. Este método se presenta como una elipse estructurada entre esfuerzos máximos y mínimos, donde la falla se puede producir si los esfuerzos se encuentran en los límites o fuera de la misma elipse, en las cuales se compone su gráfica. Según cómo se describe y se define, el método explica que el valor de esfuerzo de Von Mises debe ser menor al esfuerzo de fluencia del material para que la falla no se produzca, o en términos óptimos de diseño, debe ser menor a la mitad del esfuerzo de fluencia (Mott, 2006, p. 189).

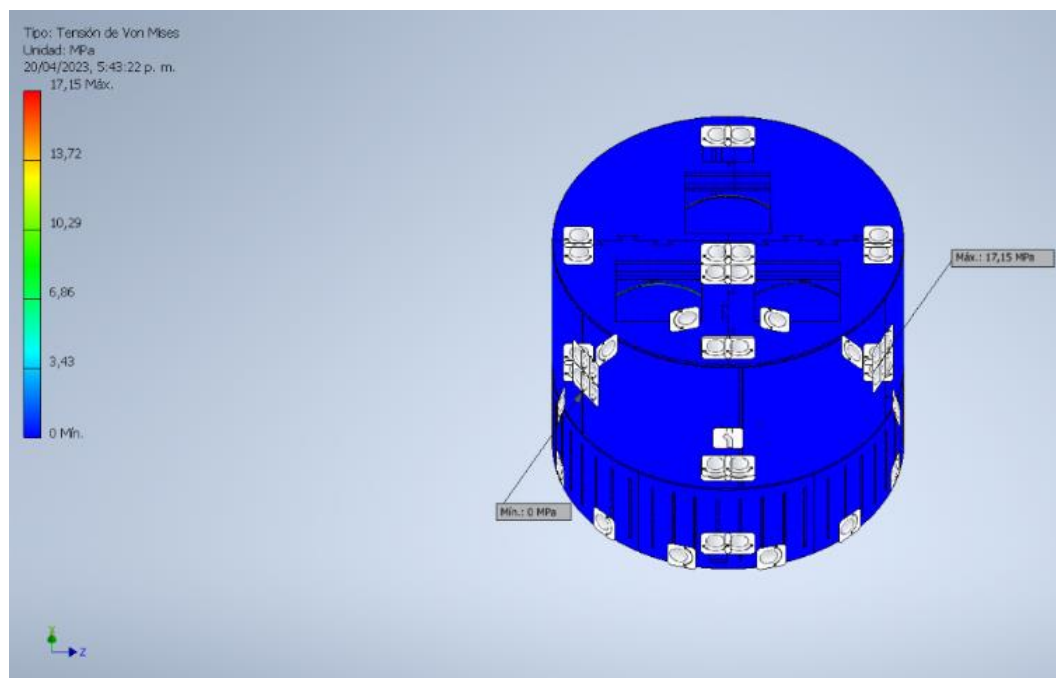


Figura 49. Análisis de Tensiones - Tensión de Von Mises. Autoría propia (2023).

En los resultados del análisis para este término, los valores que entrega son, esfuerzo máximo de 17,15 Mpa y esfuerzo mínimo de 0 MPa, lo cual muestra que se cumple la condición para que no se produzca falla, al ser 17,15 Mpa menor a la resistencia de esfuerzo de fluencia con valor de 41,9 MPa y 53,8 MPa, de los respectivos materiales PLA y Acrílico.

Resultado de Primera Tensión Principal.

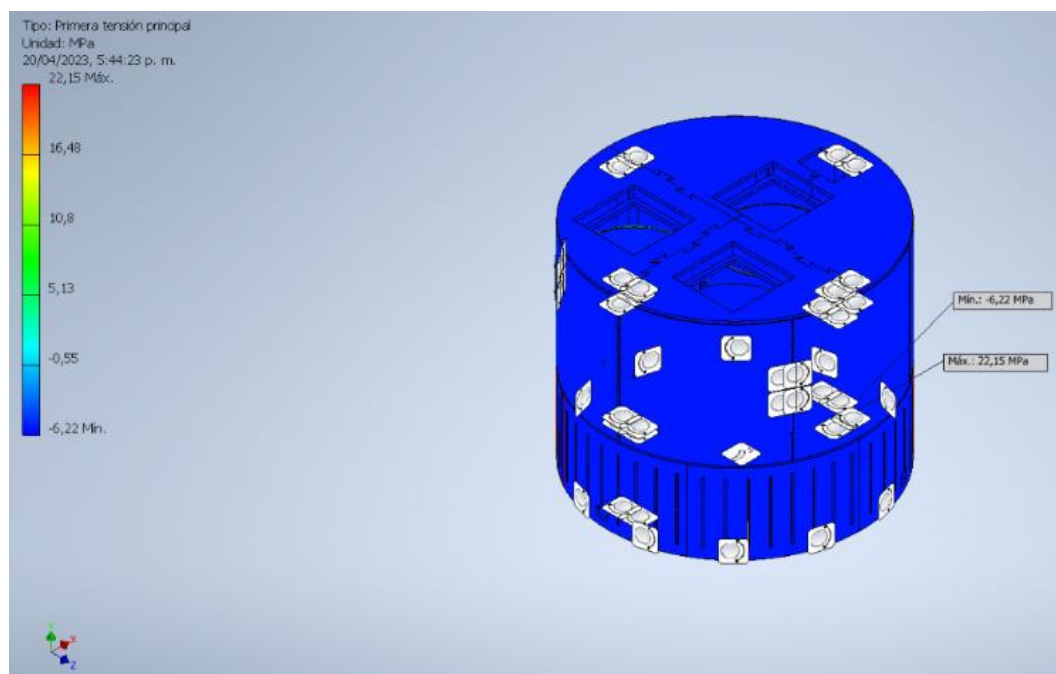


Figura 50. Análisis de Tensiones - Primera tensión principal. Autoría propia (2023).

El resultado obtenido para esfuerzos de tensión entrega un valor de esfuerzo máximo de 22,15 MPa y esfuerzo mínimo de -6,22 MPa, lo cual muestra que no superan la resistencia a la tensión con valor de 34,7 MPa y 48 MPa, de los respectivos materiales PLA y Acrílico.

Resultado de Tercera Tensión Principal (Compresión).

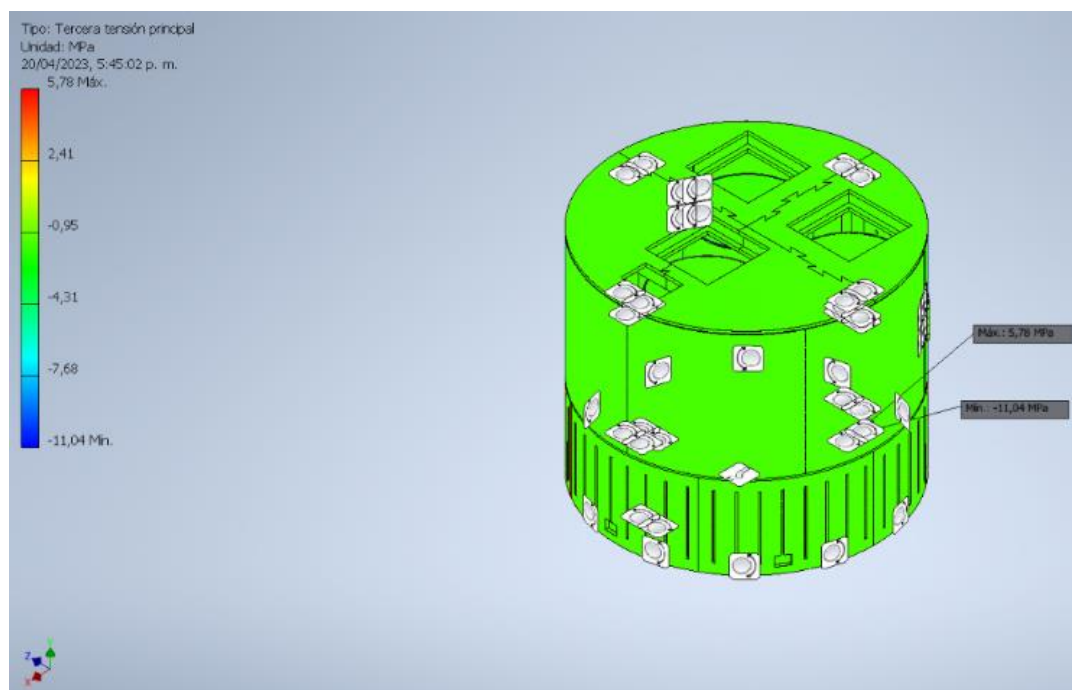


Figura 51. Análisis de Tensiones - Tercera tensión principal. Autoría propia (2023).

El resultado obtenido para esfuerzos de compresión entrega un valor de esfuerzo máximo de 5,78 MPa y un esfuerzo mínimo de -11,04 MPa. Los valores de resistencia a la compresión se asemejan a la de tensión y la flexión, entonces, los anteriores resultados muestran que no superan la resistencia a la compresión con un valor de rango de 34,7 - 76,7 MPa y 38 - 48 MPa, de los respectivos materiales PLA y Acrílico.

Resultados Generales. La tabla de resultados generales resume todos los valores calculados del análisis de tensiones aplicado a toda la estructura. Dentro de su contenido se puede extraer los valores evaluados y otros adicionales como la deformación, la cual se mantiene con un valor de 0 (con un mínimo de tres ceros después de la coma) en mínimo y máximo, además de la masa y el volumen total de toda la estructura misma.

Tabla 27.

Resultados Generales o Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	4362340 mm ³	
Masa	5,52244 kg	
Tensión de Von Mises	0,00000457498 MPa	17,1501 MPa
Primera tensión principal	-6,21894 MPa	22,1504 MPa
Tercera tensión principal	-11,0436 MPa	5,7795 MPa
Coeficiente de seguridad	12,0699 su	15 su
Tensión XX	-6,67117 MPa	8,98076 MPa
Tensión XY	-4,02885 MPa	5,35964 MPa
Tensión XZ	-2,89373 MPa	3,10355 MPa
Tensión YY	-9,12542 MPa	15,2129 MPa
Tensión YZ	-7,12665 MPa	8,39021 MPa
Tensión ZZ	-7,35083 MPa	13,6145 MPa
Deformación equivalente	0,0000000000802815 su	0,000548791 su
Primera deformación principal	-0,00000756393 su	0,000461473 su
Tercera deformación principal	-0,000547683 su	0,000002492 su
Deformación XX	-0,000526563 su	0,000403669 su
Deformación XY	-0,000199885 su	0,000293575 su

Deformación XZ	-0,000116851 su	0,000137507 su
Deformación YY	-0,00031046 su	0,000393149 su
Deformación YZ	-0,000177859 su	0,000179207 su
Deformación ZZ	-0,0003657 su	0,000429133 su
Presión de contacto	0 MPa	15,0989 MPa
Presión de contacto X	-7,09378 MPa	7,16754 MPa
Presión de contacto Y	-8,797 MPa	12,943 MPa
Presión de contacto Z	-7,88391 MPa	8,9273 MPa

Nota: (Software Autodesk Inventor)

Tornillería. El elemento de sujeción principal escogido y utilizado en la estructura, es el tornillo M4 (métrico) de calidad o grado 4.8, normalizado como ISO 7045 H, el cual proporciona una resistencia a la tensión de 420 MPa, resistencia de fluencia de 340 MPa y resistencia de prueba mínima de 310 MPa, según la tabla 18-3 de Grados métricos de aceros para pernos, perteneciente al libro de diseño de elementos de máquinas de Robert L. Mott.

Dentro del análisis, se observa que parte de los esfuerzos producidos recae en los tornillos implementados, y conociendo los valores obtenidos de los resultados, el tornillo utilizado es capaz de soportar tales esfuerzos evaluados, teniendo en cuenta la distribución misma de la cantidad de tornillos usados en toda la estructura.

Tabla 28.

Tabla de evaluación del análisis de tensiones del diseño #2

Evaluación	Resistencia mayor a esfuerzo	Explicación
Esfuerzo de Von Mises	✓ Cumple	41,9 MPa (PLA) y 53,8 MPa (Acrílico) > 17,15 MPa y 0 MPa

Esfuerzo de tensión	✓ Cumple	34,7 MPa (PLA) y 48 MPa (Acrílico) > 22,15 MPa y -6,22 MPa
Esfuerzo de compresión	✓ Cumple	34,7 - 76,7 MPa (PLA) y 38 - 48 MPa (Acrílico) > 5,78 Mpa y -11,04 MPa

Nota: (Autoría propia)

Luego de efectuar el análisis de tensiones, se ha llegado a la conclusión de que la combinación entre la estructura mecánica y los elementos de sujeción con el tornillo específico elegido, posee la capacidad necesaria para satisfacer los criterios y requisitos previamente establecidos sin presentar inconvenientes mecánicos significativos durante la operación de la implementación del prototipo.

El desarrollo del diseño #2, expone sus planos bajo la norma ISO. Los elementos de instrumentación seleccionados como los motores, banco de baterías, módulo puente H, módulos conversores, relés, microcontrolador ESP32, cables, se encuentran ubicados en la base inferior del prototipo (ver figura 52 o Anexo 1). Los sensores se encuentran ubicados en las partes modulares de la sección inferior de la forma cilíndrica (partes con rejillas) (ver figura 55 o Anexo 2). Y otros componentes de instrumentación, como la ESP32 Cam, los leds neón, se sitúan en la superficie superior, dividida en 4 partes modulares (ver figura 53, y 54 o Anexo 3, 4, 5, y 6).

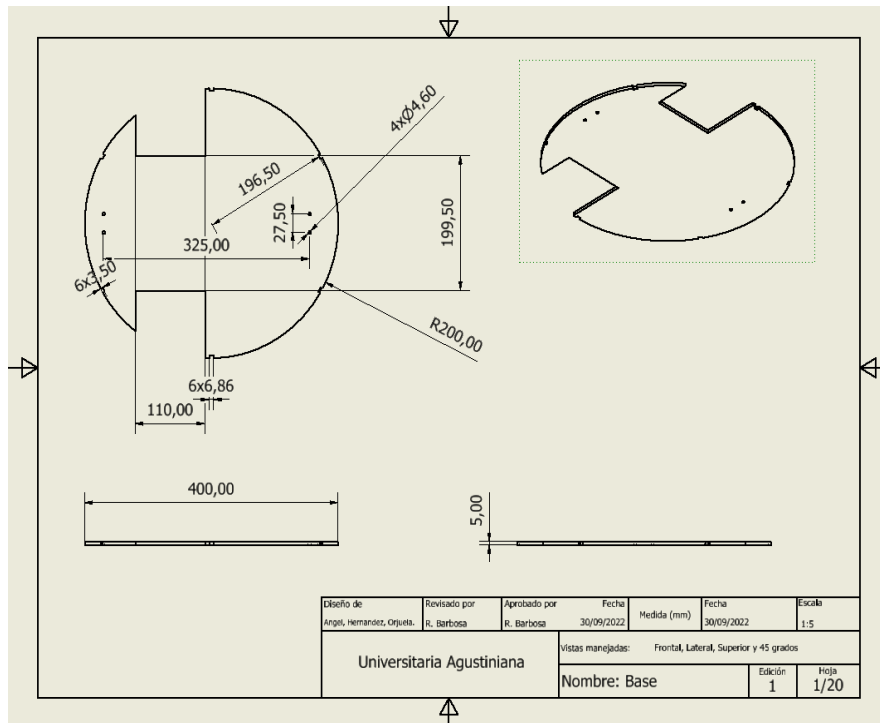


Figura 52. Base inferior. Autoría propia (2023).

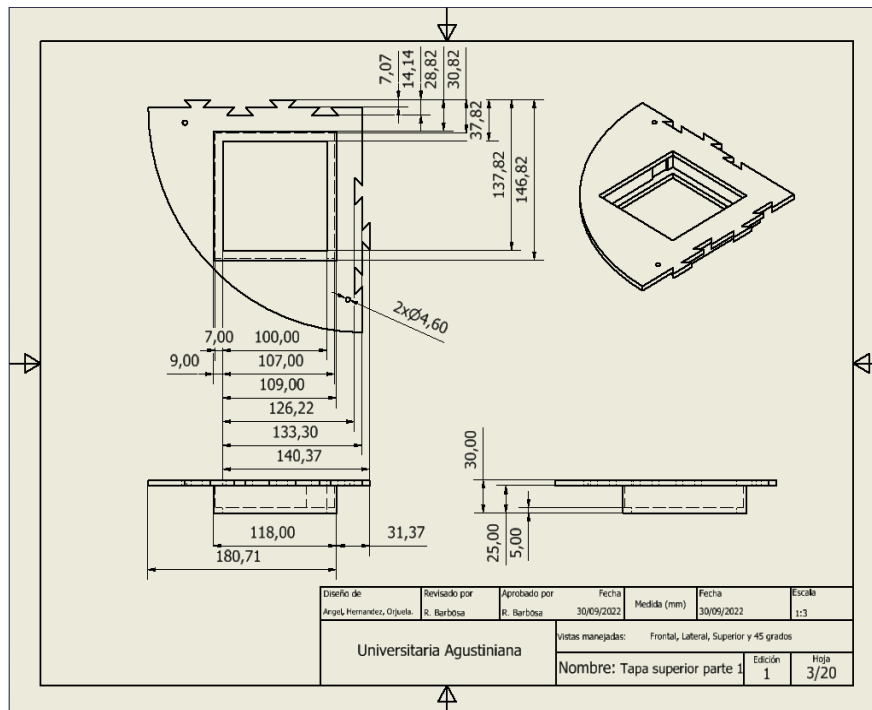


Figura 53. Parte modular de la superficie superior Parte 1. Autoría propia (2023).

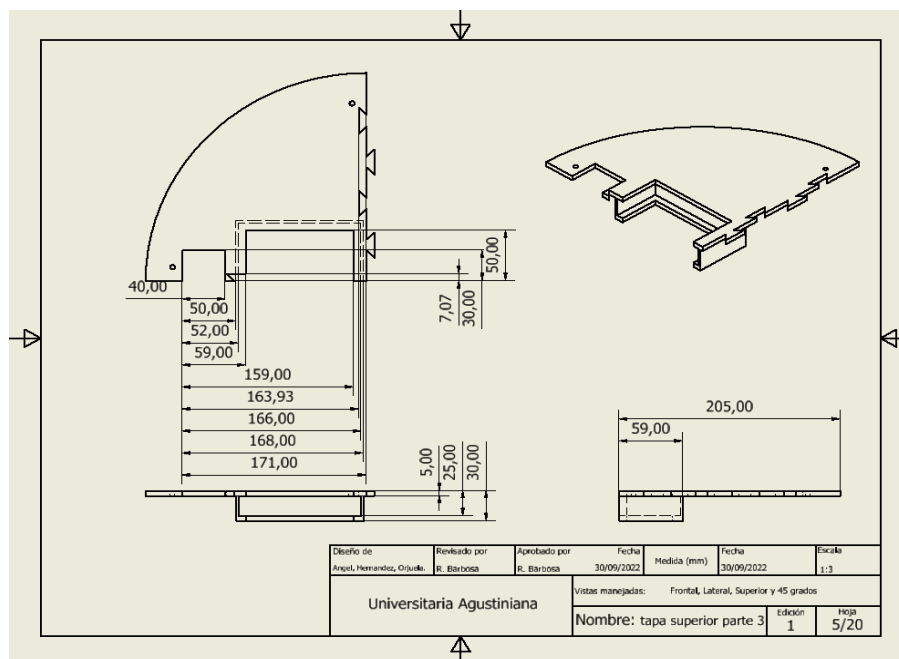


Figura 54. Parte modular de la superficie superior Parte 2. Autoría propia (2023).

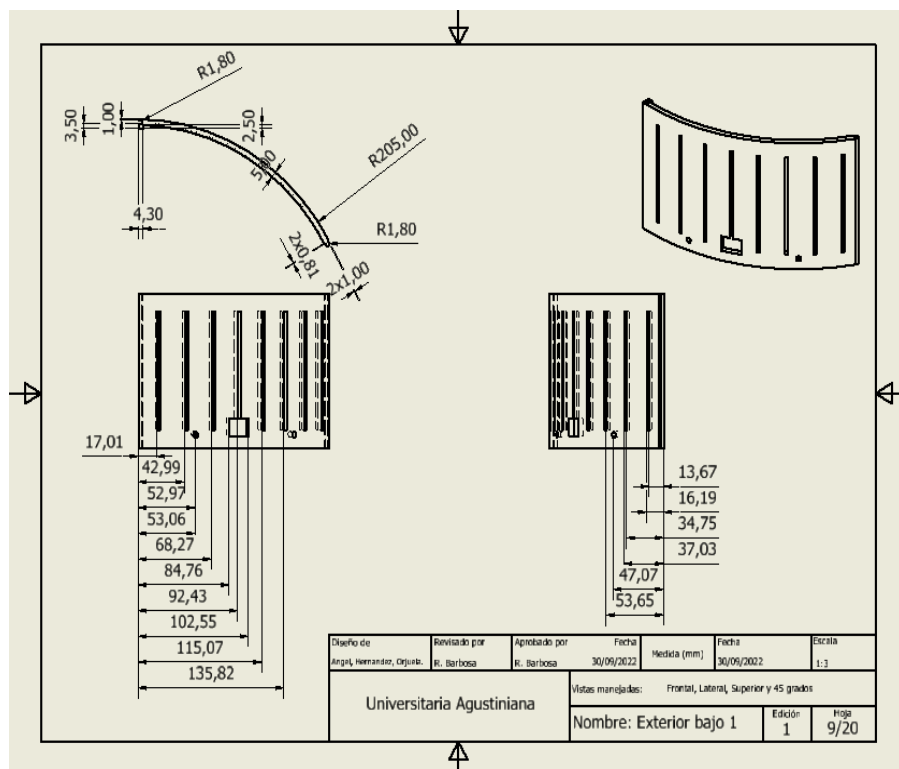


Figura 55. Parte modular de sección inferior de la forma cilíndrica (partes con rejillas). Autoría propia (2023).

Desarrollo de Objetivo 4 - Validación

Construcción y Ensamble

La construcción e implementación de la estructura física es un factor que garantiza el funcionamiento y desempeño del robot móvil, en diversas aplicaciones. Es necesario diseñar la estructura del robot considerando los requisitos de peso y dimensiones de la instrumentación a instalar, así como para resistir las vibraciones y tensiones generadas durante su movimiento.

La estructura del robot debe permitir una instalación y mantenimiento sencillo de los componentes, con fácil acceso a las partes internas y una adecuada protección contra factores externos que puedan afectar al prototipo, con esto se da alusión a que la estructura debe ser capaz de soportar el peso de la instrumentación industrial, a su vez resistir golpes y caídas para evitar daños a los componentes durante su operación.

Tomando en cuenta lo previamente mencionado, se procede a imprimir las partes de las estructuras físicas (planos), las cuales son impresas en 3D para desarrollar la estructura modular del prototipo:

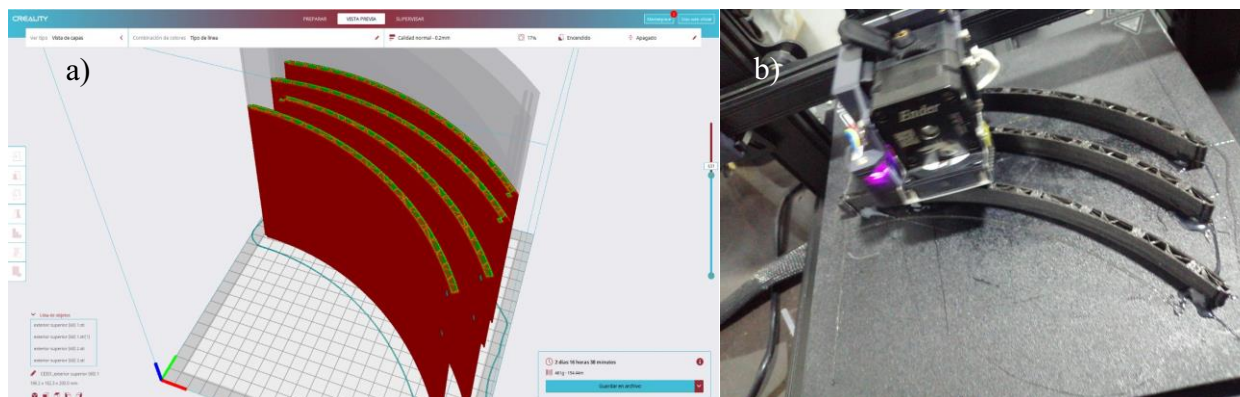


Figura 56. a) modelo 3D en la impresora, b) impresión 3D. Autoría Propia.

La tecnología de impresión 3D implica un proceso de manufactura aditiva en el cual la creación de cada elemento se lleva a cabo en distintas sesiones, lo que resulta en un tiempo mínimo requerido para la finalización del prototipo. Sin embargo, este enfoque incremental favorece el aumento de la complejidad y precisión en la creación final del modelo, lo que permite la producción de geometrías y diseños personalizados con las especificaciones necesarias.