

Instituto Tecnológico de Las Américas (ITLA)



Centro de Excelencia de Mecatrónica

Carro Robot Cargador de Objetos y Seguidor de Personas

Sustentantes:

Angel Jose Vidal Matos

2022-0366

Diego Hernando Sierra Ramón

2021-2418

Victor Enmanuel Mejía

2022-0569

Yeison Reyes Céspedes

2021-1895

Para la Obtención del Título

Tecnólogo en Mecatrónica

Asesor:

Ing. Pedro Pablo Castro García

Santo Domingo, República Dominicana

09 de diciembre del 2024

Sobre Tema y Título

- **Tema:** “Diseño de un Carro Robot para Cargar Objetos y Seguir Personas.”
- **Título del trabajo:** “Desarrollo de un Carro Robot para Seguir Personas y Cargar Objetos de Personas que tienen Discapacidad Física o sean Envejecientes.”

Tabla de Contenido

Sobre Tema y Título	II
Tabla de Contenido	III
Índice de Tablas.....	VI
Índice de Figuras	VII
Agradecimientos	VIII
Dedicatoria	X
Resumen.....	XI
Abstract	XI
1. Capítulo I. Marco General de la investigación	1
1.1 Introducción	2
1.2 Importancia y Justificación	3
1.2.3. Hipótesis.....	4
1.3 Planteamiento del problema.....	5
1.4 Alcance y Limitaciones	6
1.4.1. Alcance	6
1.4.2. Limitaciones.....	6
1.5. Objetivos de la Investigación y de la Propuesta de Solución	7
1.5.1. General.....	7

1.5.2. Específicos	7
1.6. Variables e Indicadores	8
2. Capítulo II. Fundamentos Teóricos	10
2.1. Antecedentes	11
2.2. Bases Teóricas	14
2.3. Marco Conceptual y Contextual	16
3. Capítulo III. Marco Metodológico	19
3.1. Tipo y Enfoque de la Investigación	20
3.2. Límite, Alcance y Localización de la Investigación	22
3.3. Población y Muestra	24
3.4. Métodos Utilizados	25
3.5. Técnicas e Instrumentos de Investigación	26
3.6. Criterios de Inclusión y Exclusión	27
3.7. Aspectos Éticos de la Investigación	28
4. Capítulo IV. Resultados de la investigación	29
4.1. Descripción de los Resultados	30
4.2. Desarrollo de la Propuesta de Solución	33
4.2.1. Descripción de la Propuesta	33
4.2.2. Justificación de la Propuesta	33
4.2.3. Objetivos de la Propuesta	34

4.2.4. Configuración y Modelización.....	35
4.2.5. Aspectos Técnicos	36
4.2.6. Aspectos Legales (Patentes y Licencias)	37
4.2.7. Aspectos Organizacionales.....	37
4.2.8. Aspectos Económicos y Financieros	38
5. Conclusiones	39
6. Recomendaciones	40
7. Referencias bibliográficas	42
8. Apéndice y Anexos.....	44

Índice de Tablas

Tabla 1	32
---------------	----

Índice de Figuras

Figura 1	31
Figura 2	32
Figura 3	44
Figura 4	44
Figura 5	44
Figura 6	45
Figura 7	45
Figura 8	45
Figura 9	46
Figura 10	46
Figura 11	46
Figura 12	47
Figura 13	47
Figura 14	47
Figura 15	48
Figura 16	48
Figura 17	48

Agradecimientos

Angel Jose Vidal Matos. Agradezco a mi abuelo José Matos que ha sido un pilar de ayuda para el proyecto y mi camino a ser profesional, agradezco a mi madre Riccy Matos, quien me ha dado apoyo y motivación a lo largo, que me ha visto crecer y desarrollarme para ser un profesional excelente. Agradezco a mi novia Abril De Los Santos que ha sido otro pilar que me ha apoyado mucho en este proceso, finalmente, agradezco a mis compañeros tanto de grupo como fuera de este que ayudaron en recomendaciones e ideas para mejorar el proyecto.

Diego Hernando Sierra Ramón. Estoy profundamente agradecido con mis padres, Rainer Sierra y Neomisia Ramón, quienes han sido mi mayor fortaleza y motivación a lo largo de este recorrido académico. Su apoyo constante y sus palabras de aliento en los momentos más complicados me han inspirado a seguir esforzándome para alcanzar mis metas y extendiendo mi gratitud a mis compañeros, con quienes he compartido este proceso desde el principio, construyendo un vínculo de apoyo y compañerismo que ha sido invaluable.

Victor Enmanuel Mejía. Le agradezco principalmente a mi madre Arabellys Mejia que siempre me ha estado apoyando desde el inicio de mis estudios a seguir mejorando tanto como estudiante como profesional, gracias por siempre alentarme en los peores momentos y siempre darme una mano cuando la necesito. A mi familia ya que me mandan siempre los mejores deseos desde la lejanía y mi apoyan con todo su corazón. Finalmente, agradezco a mis compañeros que hemos estado desde el inicio hasta el final con los cuales nos hemos apoyado mutuamente.

Yeison Reyes Céspedes. Le doy las gracias a mi padre Milciades Reyes Martes por el apoyo y por motivarme en aquellos momentos en los que estaba por perder la fe. Aun cuando yo parecía no dar la talla no me juzgó por el contrario se puso en mi lugar, me mostro que eso es parte de la vida, fallar y seguir adelante. Le doy las gracias a mi madre Yessenia Céspedes por aconsejarme y al igual que mi padre apoyarme y tener la fe de que podría lograr mis metas aun con todas y las sus tribulaciones.

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a Dios, fuente de nuestra fortaleza, guía y sabiduría. Agradecemos por su protección, por darnos salud y por ser nuestro sostén en cada paso de este importante trayecto de nuestras vidas.

A nuestras familias, quienes han sido nuestro pilar fundamental, nuestra inspiración y la razón para seguir adelante. Gracias por su apoyo incondicional, sus sacrificios, sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por creer en nosotros incluso cuando nosotros dudamos.

A nuestros docentes, quienes con paciencia, dedicación y compromiso nos han guiado a lo largo de este proceso. Sus enseñanzas no solo nos brindaron conocimientos, sino también valores que marcarán nuestra vida profesional y personal.

A nuestros amigos y compañeros, tanto dentro como fuera del ámbito académico, quienes han sido una fuente de alegría, ánimo y apoyo constante.

A nuestras experiencias en anteriores proyectos como el Carrito, el Inversor, la Contraseña que nos han desarrollado a tomar mejores decisiones y a mejorar como vemos los problemas que pueden suceder en el camino.

Este logro es el fruto del esfuerzo conjunto, conocimientos y la pasión que nos han rodeado en este trayecto en el área de mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Las Américas.

Resumen

Este proyecto abordó el desarrollo de un carro robot cargador de objetos y seguidor de personas para las personas envejecientes o con discapacidad física. El objetivo del proyecto fue mejorar la postura y la salud de estas personas ya que no van a tener que cargar con mucho peso y ni siquiera tendrán que empujar solo se tienen que mover y el carro los seguirá. Se utilizaron técnicas tanto cualitativas como cuantitativas para la evaluación del beneficio que podría traer el robot y hacerlo en comparación con robots similares que hay en el mercado. Los resultados de este robot proveyeron una mejora significativa a la hora de seguir a las personas y cargar objetos de hasta 100 libras, haciendo que las personas se ahorren el esfuerzo de levantar objetos. Este trabajo destacó la importancia de los robots seguidores de personas y cargadores de objetos y el impacto de estos robots en la vida de personas envejecientes o con discapacidad mejorando su postura y su salud por no sobreesforzarse al levantar objetos.

Palabras clave: carro, robot, cargador, seguidor, envejecientes, discapacidad.

Abstract

This project focused on the development of a robotic cart designed to carry objects and follow individuals, aimed at assisting elderly people or those with physical disabilities. The primary goal was to improve the posture and overall health of these individuals, as they would no longer need to carry heavy loads or push the cart; they simply need to move, and the cart will follow them. Both qualitative and quantitative techniques were employed to evaluate the potential benefits of the robot, comparing it to similar robots available on the market. The results showed that this robot provided significant

improvements in its ability to follow individuals and carry objects weighing up to 100 pounds, reducing the physical strain of lifting for the users. This work highlighted the importance of person-following and object-carrying robots and their impact on the lives of elderly people or individuals with disabilities by improving their posture and health by eliminating the need for strenuous lifting.

Keywords: cart, robot, carrier, follower, elderly, disability.

1. Capítulo I. Marco General de la investigación

1.1 Introducción

El incremento de necesidad de soluciones tecnológicas adaptadas a las personas envejecientes y aquellas con discapacidades físicas ha impulsado el desarrollo de dispositivos que promuevan su autonomía y bienestar. Muchos de estos individuos enfrentan dificultades diarias para realizar tareas cotidianas como cargar objetos pesados, lo que no solo limita su independencia, sino que también representa un riesgo para su salud física ya sea por daño a su postura o por sobreesfuerzo. El esfuerzo excesivo al cargar peso puede generar lesiones, afectando la postura y provocando dolor en las articulaciones, lo que a largo plazo puede resultar en problemas graves de salud, como artritis o lesiones en la columna vertebral.

En este contexto, un carro robot diseñado para seguir a la persona y cargar objetos de manera autónoma ofrece una solución innovadora que puede mejorar significativamente la calidad de vida de estas personas. Este robot no solo aliviaría la carga física, sino que también contribuiría a la prevención de lesiones relacionadas con el sobreesfuerzo. A través de tecnologías avanzadas como sensores de seguimiento, algoritmos de adaptación de velocidad y sistemas de evasión de obstáculos, el robot ofrecería un apoyo funcional, seguro y adaptable a las necesidades del usuario.

Este proyecto se centra en el diseño y evaluación de un carro robot con el objetivo de proporcionar una solución eficiente y accesible para las personas envejecientes o con discapacidades físicas, aliviando el esfuerzo físico y ayudando a mantener una postura saludable al no tener la necesidad de cargar objetos pesados.

1.2 Importancia y Justificación

1.2.1 Importancia

Las personas con movilidad reducida o aquellas que necesitan llevar cargas pesadas a diario, como trabajadores de almacén, ancianos o personas con discapacidades físicas, suelen enfrentar dificultades al trasladar objetos. Este esfuerzo físico constante puede resultar agotador, causar lesiones y limitar su autonomía. Según Dr. Karen Erickson y Dr. Robert A. Hayden estos aseguran que hacer mucho esfuerzo físico cargando materiales afecta la oscilación natural del cuerpo, además de poder causar artritis en el cuello y dañar la postura.

Este robot servirá para aliviar la carga que tienden a levantar las persona con el objetivo de que no sufra tanto la postura, ni los brazos de la persona que esté utilizando el producto haciendo que estas partes del cuerpo no sufran y por consiguiente haya una mejoría física en el individuo que tenga alguna discapacidad física.

1.2.2. Justificación

La implementación de un carro robot que pueda seguir a la persona y pueda cargar objetos por ella responde a la necesidad de que las personas envejecientes no tienen muchas veces la manera de cargar objetos pesados de manera eficiente ya sea por falta de fuerza o por alguna discapacidad haciendo que no dañen su postura y no haga sobreesfuerzo que pueda una mejora de salud en el futuro, ya que la persona debe estar cargando tanto peso y por ende, su postura seguirá intacta en términos de carga de objetos.

Desde una perspectiva técnica, este tipo de robot combina tecnologías avanzadas como sensores de seguimiento, sistemas de evasión de obstáculos y algoritmos de adaptación de velocidad, que no solo ofrecen un apoyo funcional, sino que también garantizan la seguridad del usuario en diferentes entornos. Por ende, robot representa una solución innovadora que aborda problemas de salud con respecto a la postura y al sobreesfuerzo.

1.2.3. Hipótesis

La implementación de un robot en forma de carro que cargue objetos y siga a una persona puede ayudar a que personas que sean envejecientes o que tengan alguna discapacidad física no perjudiquen su postura y mejoren la salud por no sobreesforzarse al cargar objetos pesados.

1.3 Planteamiento del problema

El incremento de la población envejeciente y el alto porcentaje de personas con algún tipo de discapacidad en el país refleja una creciente necesidad de soluciones accesibles y adaptadas para estos grupos. Con el 13.3% de la población en situación de vejez (2022) y un 12% de personas con discapacidad (2010), es fundamental que las políticas públicas, infraestructuras y tecnologías se ajusten a estas realidades según el Censo Nacional de Población y Vivienda. A nivel global, en 2021, había alrededor de 761 millones de personas de 65 años o más, cifra que la ONU prevé que aumente a 1,600 millones para 2050. Asimismo, según el Banco Mundial, en 2022, el 15% de la población mundial, equivalente a 1,000 millones de personas, vive con algún tipo de discapacidad.

Este tipo de datos también pone en evidencia la importancia de desarrollar dispositivos y tecnologías, como robots asistenciales o soluciones de movilidad que ayuden a estas personas en sus actividades diarias, incluyendo la carga de objetos.

En este contexto, el desarrollo de un carro robot que cargue los objetos y siga a la persona es una solución factible para resolver el problema que pueden sufrir estas personas al cargar objetos. Tomando esto en cuenta hay varias preguntas clave que este robot busca resolver como: ¿En qué condiciones es importante añadir un sistema de ayuda a las personas envejecientes o con discapacidad? ¿Cómo mejorar la salud de la persona para no hacer sobreesfuerzo y no perjudicar tanto la postura? ¿Qué características de diseño y funcionalidad debe tener el robot para satisfacer las necesidades específicas de transporte de objetos para personas con discapacidades físicas, asegurando ergonomía y facilidad de uso?

1.4 Alcance y Limitaciones

1.4.1. Alcance

La implementación de este carro robot busca aliviar la carga de las personas envejecientes o con discapacidad física para que no sufran algún tipo de daño en la columna por tener mala postura a la hora de cargar objetos y problemas por sobreesfuerzo físico.

El proyecto tiene como público objetivo a las personas envejecientes o personas que tengan alguna discapacidad física de cualquier tipo, ya sea por enfermedad, de nacimiento, complexión del cuerpo, entre otras. Esto requiere que el carro pueda seguir de manera eficiente a la persona y que pueda cargar una cantidad de peso como 100 lb.

1.4.2. Limitaciones

La implementación de carro robot enfrenta algunas limitaciones que deben considerarse para su desarrollo y aplicación. Entre estas limitaciones se encuentra el rango de visión que este no tiene un rango de visión tan largo como el de otros modelos, además de que posee puntos ciegos en las esquinas haciendo difícil seguir a la persona si haces muchos cambios en la trayectoria.

El robot no puede seguir a la persona de manera adecuada con poca luz (en la noche), ya sea por la cámara que no tiene visión de luz nocturna o no tener linterna.

Además, está que el robot si se pone una persona en el ángulo de visión del robot mientras está siguiendo a otra persona, este puede desviarse o hacer giros extraños haciendo que pierda a la persona que en un primer momento debe seguir.

1.5. Objetivos de la Investigación y de la Propuesta de Solución

1.5.1. General

Desarrollar un carro robot el cual pueda seguir a la persona mediante una cámara y cargar hasta 100 libras en objetos por su estructura.

1.5.2. Específicos

1. Analizar los requisitos funcionales y tecnológicos para un carro robot seguidor de personas con discapacidades físicas: Identificar los sensores, sistemas de navegación y algoritmos necesarios para que el robot siga con precisión a una persona, manteniendo un ritmo adaptable a su velocidad, ya sea lenta o rápida, y garantizando la seguridad y confiabilidad del dispositivo.
2. Evaluar la capacidad del carro robot para detectar y esquivar obstáculos durante su operación: Examinar la eficacia de los sensores para una mejor evasión de obstáculos, asegurando un desplazamiento fluido y seguro en diferentes entornos, como interiores y exteriores.
3. Diseñar estrategias de integración ergonómica y práctica para facilitar el transporte de objetos: Proponer soluciones para maximizar la capacidad de carga del robot, asegurando su estabilidad y facilidad de uso, adaptándose a las necesidades específicas de las personas con discapacidades físicas y su entorno cotidiano.

1.6. Variables e Indicadores

1. Variable: Capacidad del carro robot para seguir a una persona

Indicadores:

- Precisión de seguimiento: Desviación promedio en la distancia y trayectoria respecto a la persona seguida.
- Adaptación a la velocidad: Tiempo de respuesta del carro para ajustar su velocidad según cambios en el ritmo de la persona.
- Estabilidad en diferentes terrenos: Evaluación del rendimiento del carro en superficies como concreto, césped o terrenos irregulares.

2. Variable: Capacidad para esquivar obstáculos

Indicadores:

- Tasa de detección de obstáculos: Porcentaje de obstáculos detectados correctamente en diferentes entornos.
- Tiempo de reacción: Tiempo promedio que tarda el carro en identificar y esquivar un obstáculo.
- Eficiencia de maniobra: Evaluación de la fluidez y seguridad del desplazamiento al esquivar obstáculos sin perder la trayectoria hacia la persona seguida.

3. Variable: Capacidad de transporte de objetos

Indicadores:

- Capacidad de carga: Peso máximo que el carro puede transportar sin comprometer su estabilidad ni funcionamiento.
- Facilidad de carga y descarga: Tiempo necesario para cargar y descargar objetos, considerando ergonomía y practicidad.
- Estabilidad durante el transporte: Frecuencia de movimientos indeseados o caídas de los objetos mientras el carro está en operación.

2. Capítulo II. Fundamentos Teóricos

2.1. Antecedentes

González et al. (2024) desarrollaron un prototipo simulado de un robot seguidor de enfermeras en entornos hospitalarios para aligerar su carga de trabajo en R. D. La investigación, de carácter descriptivo y enfoque cuantitativo, tuvo como objetivo reducir el agotamiento físico de las enfermeras, quienes realizan múltiples tareas, incluyendo el transporte de equipos pesados. El robot sigue a la enfermera mediante un marcador ArUco, utilizando algoritmos de control P y PD para el seguimiento. En caso de perderla de vista, el robot emplea planificación de ruta basada en visión monocular y redes neuronales (YOLO v3) para recuperarla y continuar su trayecto, incluso al doblar esquinas. La simulación en CoppeliaSim con el modelo Pioneer 3-DX mostró un buen desempeño en varios escenarios hospitalarios, sugiriendo que este sistema puede mejorar la eficiencia en la labor de las enfermeras.

Hsu et al. (2020) diseñaron un robot móvil seguidor de personas utilizando aprendizaje automático para rastrear los movimientos de una persona y realizar tareas como el transporte de objetos. Esta investigación, de enfoque cuantitativo, tuvo como objetivo mejorar la capacidad de los robots para distinguir y seguir a personas específicas mientras navegan en entornos complejos. Los resultados mostraron que la tecnología era prometedora para asistir tanto en hospitales como en hogares, optimizando tareas de asistencia y aumentando la eficiencia en la realización de tareas cotidianas.

Shao et al. (2020) desarrollaron un robot autónomo diseñado para seguir personas y cargar objetos. La investigación, de enfoque cuantitativo y de tipo experimental, se centró en la creación de un robot capaz de utilizar una cámara de profundidad y un

algoritmo de reconocimiento de personas para identificar y seguir a los usuarios en tiempo real. Los resultados mostraron que el robot tenía alta precisión en su capacidad para seguir a la persona designada y entregar objetos, siendo una solución eficaz en aplicaciones domésticas y en el campo de la robótica de servicio.

Tian et al. (2021) presentaron un sistema robótico móvil que sigue personas y carga objetos, integrando sensores avanzados como cámaras y LiDAR para un seguimiento preciso y evasión de obstáculos. La investigación, de tipo experimental y enfoque cuantitativo, tuvo como objetivo mejorar la capacidad del robot para interactuar con su entorno y asistir a personas en diversas tareas. Los resultados indicaron que el robot fue efectivo en entornos controlados y reales, mostrando su capacidad para apoyar a las personas al seguirlas y realizar tareas de carga de manera eficiente.

Riaz et al. (2021) desarrollaron un robot de servicio que sigue a personas y carga objetos, específicamente diseñado para entornos hospitalarios. Con un enfoque cuantitativo, su objetivo fue reducir la carga de trabajo humana mediante un robot capaz de rastrear personas y entregar suministros utilizando visión por computadora y una plataforma móvil con múltiples sensores. Los resultados demostraron que el robot era altamente adaptable a entornos dinámicos, destacando su potencial para aliviar la carga de trabajo en entornos de atención médica y mejorar la eficiencia en el cuidado de los pacientes.

Zhang et al. (2019) investigaron el uso de robots autónomos para el cuidado de personas mayores, enfocándose en tareas como seguir a las personas y entregar artículos. La investigación, de enfoque cuantitativo y tipo aplicada, tuvo como objetivo mejorar la

calidad de vida de los adultos mayores mediante robots que pudieran realizar tareas de seguimiento y carga mientras navegan por entornos domésticos complejos. Los resultados mostraron que el robot era capaz de seguir a las personas en tiempo real, entregar artículos y navegar en el hogar, demostrando ser una herramienta útil para asistir a individuos con dificultades de movilidad.

2.2. Bases Teóricas

Automatización y robots seguidores de personas

La automatización en la movilidad de robots ha evolucionado significativamente con el uso de tecnologías avanzadas. Según Shao et al. (2020), los robots seguidores de personas emplean algoritmos de visión computacional y sensores para rastrear de manera precisa a un individuo en movimiento, mejorando su capacidad de seguirlo de forma autónoma en diversos entornos.

Tecnología de sensores y su integración en robots cargadores

La integración de sensores en robots de seguimiento de personas es esencial para el éxito de su diseño. Riaz et al. (2021) afirman que los sensores de proximidad y los sistemas de visión 3D permiten a los robots no solo seguir a las personas, sino también detectar obstáculos y adaptar su comportamiento a diferentes situaciones, como cambios en la velocidad o en la trayectoria de la persona. Esto permite que el robot cargador realice tareas de transporte de objetos de manera eficiente y segura, evitando posibles colisiones o accidentes.

Algoritmos de control en robots móviles autónomos

Los algoritmos de control juegan un papel crucial en el desarrollo de robots autónomos, especialmente en el seguimiento de personas y el transporte de objetos. Los robots deben incorporar técnicas de control de trayectoria que les permitan ajustar sus movimientos en función de las variaciones en la posición de la persona a la que siguen.

Estos algoritmos permiten que el robot no solo siga de forma precisa, sino que también se anticipe a posibles cambios en el entorno, como giros o paradas repentinas.

Impacto en la calidad de vida y autonomía

Los robots seguidores de personas y cargadores de objetos tienen un impacto significativo en la calidad de vida de personas con movilidad reducida. Según Hsu et al. (2020), estos dispositivos pueden aumentar la independencia de los usuarios, al reducir la carga física asociada con el transporte de objetos pesados. Este tipo de tecnología no solo mejora la movilidad, sino que también disminuye el riesgo de lesiones relacionadas con el esfuerzo físico y mejora la postura y el bienestar general de los usuarios.

2.3. Marco Conceptual y Contextual

Estos 2 marcos estarán explicando conceptos clave con respecto al carro robot seguidor de personas y cargador de objetos, y las situaciones por la que surge la idea de este robot.

Marco Conceptual

Carro robot seguidor de personas y cargador de objetos:

Este tipo de robot se utiliza para asistir en tareas logísticas o de carga al seguir a un usuario específico y transportar objetos. Su función principal es facilitar el trabajo en entornos como hospitales, almacenes y hogares, al reducir la carga física del usuario, como el transporte de equipos o suministros. Estos robots combinan tecnologías como la visión por computadora, el aprendizaje automático y el control de movimiento autónomo para interactuar eficazmente con su entorno.

Automatización en la Robótica de Servicio:

La automatización en robótica de servicio se refiere al uso de robots para realizar tareas que tradicionalmente requieren intervención humana, como el seguimiento de personas o el transporte de objetos. Según la teoría de la automatización, estos robots operan de manera autónoma, minimizando la necesidad de acción directa por parte del ser humano, lo que optimiza la eficiencia en diversos sectores.

Seguimiento Autónomo:

Esta se basa en el uso de tecnologías avanzadas como sensores, cámaras y algoritmos de visión por computadora para permitir que los robots sigan de manera precisa a un usuario en movimiento. El concepto de "seguimiento autónomo" implica que el robot sea capaz de identificar y seguir a una persona sin intervención directa. Este proceso es fundamental en robots como los carros seguidores de personas, donde la precisión en el seguimiento y la capacidad de adaptarse a cambios en el entorno son cruciales para su efectividad. (Pérez & García, 2021).

Teoría de la Navegación y Evasión de Obstáculos:

En el contexto de robots seguidores, la navegación autónoma y la evasión de obstáculos son esenciales para el desempeño del robot. Los sistemas de navegación emplean sensores, cámaras 3D y ultrasonido para mapear el entorno y tomar decisiones de movimiento en tiempo real. Estos sistemas permiten que el robot se desplace de forma fluida, evitando colisiones con objetos estáticos o personas. (Carvajal, 2018).

Interacción Hombre-Robot (HRI):

La interacción hombre-robot se centra en cómo los robots pueden colaborar con los seres humanos de manera efectiva. En el caso de los carros robots seguidores de personas, HRI se enfoca en la capacidad del robot para interpretar las acciones y comportamientos humanos, así como en la comunicación entre el robot y el usuario. (Solis, A., 2019).

Marco Contextual

En la República Dominicana, el 13.3% de la población eran personas mayores en 2022, y el 12% tenía alguna discapacidad, según el Censo Nacional de Población y Vivienda. A nivel global, en 2021 había 761 millones de personas mayores de 65 años, proyectándose que esta cifra alcanzará los 1,600 millones en 2050 (ONU). Además, el 15% de la población mundial vive con algún tipo de discapacidad (Banco Mundial). Estas cifras subrayan la necesidad de adquirir y crear tecnologías accesibles que faciliten la movilidad y reduzcan riesgos asociados al transporte de objetos pesados, como la fatiga y problemas posturales.

En este contexto, la República Dominicana, enfrenta desafíos significativos en términos de accesibilidad y atención para este segmento de la población. Las ciudades dominicanas, como Santo Domingo y Santiago, albergan una gran concentración de personas mayores y con discapacidad, lo que intensifica la demanda de soluciones tecnológicas adaptadas a sus necesidades. Los robots autónomos, como los carros seguidores de personas y cargadores de objetos, surgen como una solución viable. La implementación de estos dispositivos en la vida diaria de personas mayores o con movilidad reducida podría contribuir de una buena manera a su bienestar, reduciendo los esfuerzos físicos y evitando lesiones.

3. Capítulo III. Marco Metodológico

3.1. Tipo y Enfoque de la Investigación

Esta investigación se clasifica como explicativa y mixta. La investigación explicativa busca obtener una relación entre la causa y el efecto de un fenómeno en este caso como el cargar objetos pesados puede deteriorar la salud del individuo. El enfoque mixto combina la recolección de datos cuantitativos, como el peso que puede cargar el carro frente a una persona y el precio de productos similares, y cualitativos, enfocados en la percepción de los usuarios sobre la efectividad y facilidad de uso del robot.

El enfoque de la investigación será mixto. Se combinará la recolección de datos cuantitativos, como el peso que puede cargar el carro frente a una persona y el precio de productos similares, y con un análisis cualitativo sobre la percepción de los usuarios respecto a la practicidad y efectividad del robot.

La profundidad de la investigación será explicativa. Esto permitirá dar una relación más fundamentada a la parte de cómo puede afectar el cargar mucho peso a los daños en la postura.

El alcance temporal será transversal, ya que se analizarán los resultados del robot en un periodo determinado, sin extenderse a largo plazo. Este enfoque permitirá obtener una visión clara de los efectos inmediatos que el robot puede ofrecer.

La amplitud de la investigación será meso, centrada en comunidades y grupos específicos, personas envejecientes y con alguna discapacidad que en su diario vivir tenga que llevar objetos de mucho peso.

La estrategia de investigación será de campo, ya que se llevarán a cabo pruebas directas del robot en condiciones reales. Esto proporcionará datos empíricos sobre el rendimiento del robot para saber que tan bien puede seguir a una persona y si puede cargar una cantidad considerable de peso.

El diseño de investigación del proyecto será no experimental, ya que no se pueden controlar 2 variables a nuestro favor, solo nos basaremos en la interpretación de funcionalidad del robot.

3.2. Límite, Alcance y Localización de la Investigación

3.2.1. Alcance

Esta investigación se enfoca en evaluar la viabilidad y efectividad del uso de un carro robot cargador de objetos y seguidor de personas en el contexto de personas ya sean envejecientes o con discapacidad física. La investigación abarca:

- Desarrollo y prueba de prototipos. Diseño y pruebas de un robot seguidor de personas y cargador de objetos, integrando componentes como sensores de visión, cámaras, motores para movilidad y algoritmos de seguimiento. Las pruebas incluyen escenarios para evaluar su capacidad de seguir a un individuo y transportar cargas sin interrupciones ni errores.
- Seguimiento de la persona. Implementación de tecnologías de reconocimiento visual, como cámaras de profundidad y algoritmos de seguimiento, para identificar y seguir a un usuario en tiempo real. Se realizan evaluaciones del desempeño en diferentes entornos, incluyendo espacios con obstáculos y esquinas, verificando la precisión del robot al mantener la trayectoria del usuario.
- Carga de peso. Análisis de la capacidad de carga del robot, evaluando la estabilidad y funcionalidad mientras transporta objetos de distintos tamaños y pesos. Se mide el impacto en su movilidad y la eficiencia del robot al operar en superficies planas y con inclinaciones, asegurando que la carga no afecte el seguimiento.

3.2.2. Límite

Esta investigación, posee los siguientes límites, los cuales se tomarán en consideración desde un principio para saber cómo afrontarlos:

Condiciones climáticas: Las variaciones climáticas, como la alta humedad o lluvia, pueden afectar el rendimiento del robot al tener circuitos electrónicos y una cámara.

Luz nocturna: La visión del robot puede verse afectada por la noche por la oscuridad, al no tener una luz mediante una linterna o algún tipo de visión infrarroja o nocturna, es complicado obtener resultados en la noche.

Ángulo de visión: el ángulo de visión del robot es limitado por esto se puso la cámara en la parte trasera del robot para ocupar un mayor ángulo, sin embargo, no será suficiente, en el caso de que la persona a seguir haga cambios bruscos en la trayectoria.

3.2.3. Localización de la Investigación

La localización de la investigación será en exteriores de supermercados donde el piso es en su mayoría liso y en los patios de nuestras casas, donde el suelo tiende hacer en base a concreto con muchos relieves en general. Esto para saber como el carro robot interactúa con el entorno.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

La población de esta investigación incluye personas que tengan alguna discapacidad física, sean envejecientes o tenga que ver con algún tipo de trabajo de fuerza y necesitan menos viajes a la hora de trasladar objetos de un lugar a otro en Santo Domingo.

3.3.2. Muestra

La muestra seleccionada para esta investigación será de 5 personas, donde se elegirán serán 3 personas que necesitarían el producto por el trabajo, 1 persona envejeciente y 1 persona con alguna discapacidad física que le límite ejercer fuerza.

El tipo de muestreo que se eligió fue el no probabilístico, esto se debe a que se tomó la decisión de elegir a personas que puedan satisfacer los experimentos con el carro robot con personas que pedía en l población y estaban disponibles al momento y la técnica de muestreo implementada es no aleatorio por conveniencia para así poder probar con más facilidad y poder preguntar directamente a usuarios sobre si elegirían el producto si se les diese la oportunidad.

3.4. Métodos Utilizados

El método utilizado para la investigación se basará en el lógico inductivo ya que mediante observaciones y experimentos se determinarán los resultados correspondientes a lo experimentado para proveer una comprensión general sobre qué tanto podría ayudar el carro robot cargador de objetos y seguidor de personas a las personas envejecientes, trabajadores y con discapacidad física.

A través de este enfoque, se buscará que se puede mejorar mediante los experimentos o pruebas que se realicen, ya que mediante las personas que van usando el producto se puede comprender que le puede faltar al carro robot, en caso de que se necesite con mayor rapidez.

3.5. Técnicas e Instrumentos de Investigación

3.5.1. Técnicas

Se usarán técnicas de recolección de datos como las encuestas para poder analizar si las personas ven factible el uso del carro robot cargador de objetos y seguidor de personas y poder analizar sobre la percepción de las personas para determinar la viabilidad y adopción del robot. Además, dependiendo de la percepción de las personas, se puede indagar más sobre aquellos que quieren o necesiten del producto.

3.5.2. Instrumentos

El instrumento usado sería una encuesta corta basada en 3 preguntas sobre si usarían el carro robot la viabilidad que le ven ellos al robot y la última se basaría en recomendaciones a tomar en cuenta sobre que quieren los encuestados con respecto al robot o que esperarían de este.

Por consiguiente, se tomarían 5 personas para pruebas y 30 para la encuesta, se les harían esas 3 preguntas sobre si quisieran el servicio, la viabilidad que le ven y las recomendaciones para tomar en cuenta en el proyecto, de ese punto se analizarían las recomendaciones y se concluyen cuáles serían beneficiosas y se pueden implementar en al robot.

3.6. Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión se utilizarán para determinar cuál parte de la población y la muestra son válidos en el momento de realizar las encuestas o pruebas con respecto a la investigación.

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- Ser una persona envejeciente.
- Ser una persona discapacitada.
- Tener movilidad reducida.
- Tener una enfermedad o quistes que limiten la movilidad o fuerza.

Los criterios de exclusión son los siguientes:

- Tener un aparato motor funcional.

3.7. Aspectos Éticos de la Investigación

Se evaluaron los aspectos éticos más importantes de la investigación y se determinaron ser los siguientes:

Riesgos y Beneficios: El desarrollo y uso del robot móvil se diseñará para minimizar los riesgos físicos por choques y psicológicos por la presión que genera que te ueda estar viendo una cámara para los usuarios. Se evaluarán los impactos potenciales para garantizar que el robot no cause daño al entorno o a los usuarios. Los beneficios incluirán la mejora en la movilidad y la eficiencia del trabajo, aliviando la carga física de los usuarios y mejorando su calidad de vida, especialmente para personas con movilidad reducida o discapacidad.

Revisión y Monitoreo: Se llevará a cabo un seguimiento constante durante la implementación del robot para asegurarse de que se cumplan los principios éticos y de seguridad, así como para evaluar la funcionalidad y efectividad del dispositivo. Cualquier inconveniente técnico o ético que surja será abordado de manera inmediata para garantizar el bienestar de los usuarios y la validez de los resultados.

Transparencia y Objetividad en los Resultados: El proyecto se compromete a presentar los resultados de manera clara y objetiva, proporcionando un análisis completo tanto de los éxitos como de las dificultades encontradas. Cualquier desafío o limitación en el diseño o desempeño del robot será reportado de forma honesta para contribuir al conocimiento y la mejora continua en la tecnología.

4. Capítulo IV. Resultados de la investigación

4.1. Descripción de los Resultados

Resultados de la Encuesta

1. Intención de uso:

- De los 30 encuestados, 10 estarían dispuestos a usar el robot, 13 no lo usarían, y 7 están indecisos. Esto representa un 33.3% de usuarios potenciales, mientras que el 43% no está interesado. La indecisión que es un 23% podría reducirse con mejoras en el diseño o comunicación de beneficios.

2. Viabilidad del sistema:

- De 30 encuestados, 12 (40%) consideran que el carro robot es viable, mientras que 18 (60%) no lo consideran viable en la República Dominicana. Este resultado indica que la mayor parte del público objetivo no lo ve viable ya sea por razones externas como por el estado de algunos sectores, la inseguridad.

3. Recomendaciones de los encuestados:

- Los encuestados destacaron que el robot para algunas ocasiones se necesitaría más pequeño, que debe tener algún tipo de GPS, por el caso en el cual se pierda o lo hayan robado y la posibilidad de transportarlo

Resultados de Pruebas de peso

- Según la tabla de la recomendación de peso que puede cargar una persona envejeciente y el carro robot:
 - Persona envejeciente: 16 kg o 35 libras
 - Carro robot cargador de objetos y seguidor de personas: 45 kg o 100 libras
 - Diferencia: El carro robot puede llevar un casi más del triple (100 lbs) que recomiendan los doctores a las personas envejecientes (35 lbs), esto según Ceballos, A. (2024).

Figura 1

Pregunta sobre uso del robot

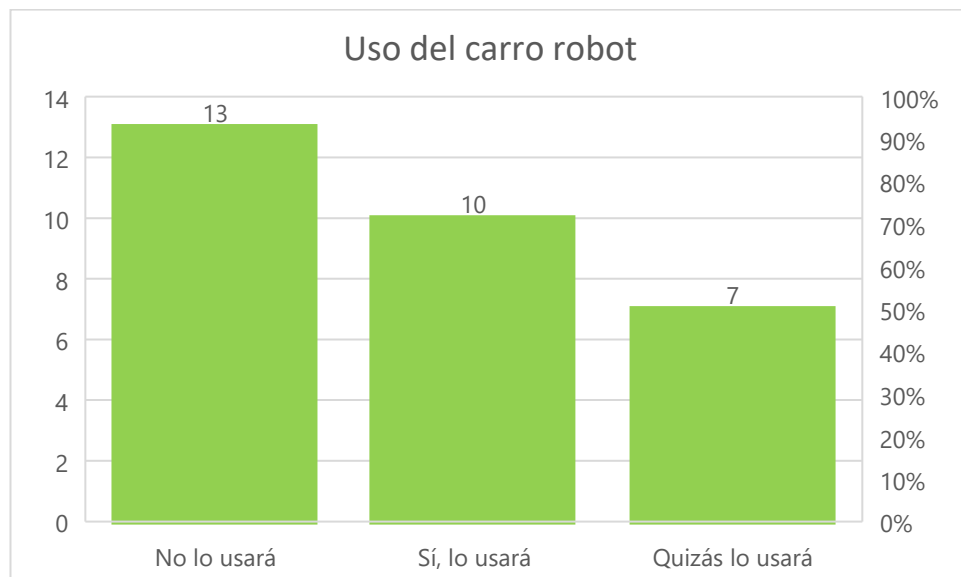


Figura 2

Pregunta sobre la viabilidad del robot en la República Dominicana

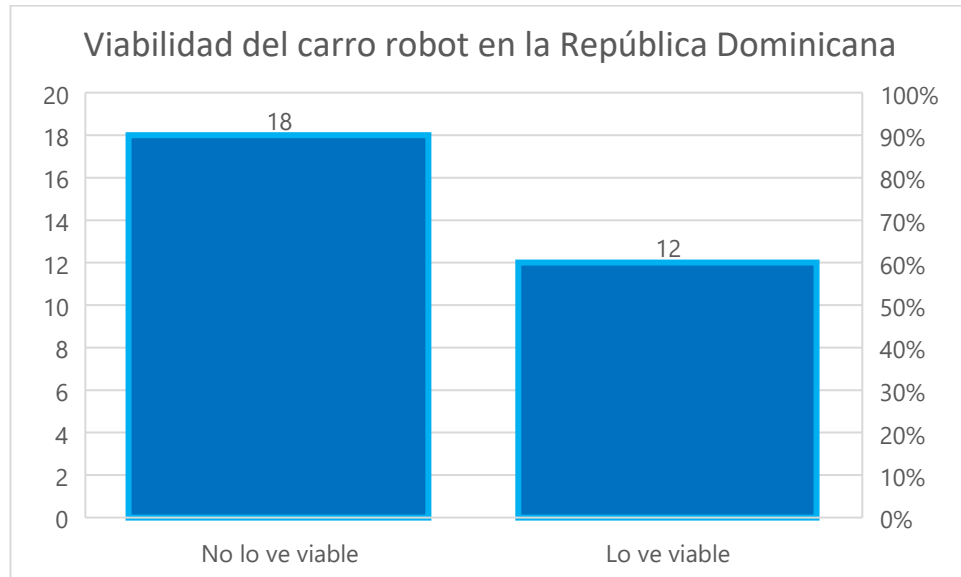


Tabla 1

Carga de peso recomendable entre el carro robot y personas envejecientes

Medida	Peso (en libras)
Personas envejecientes	35 libras
Carro Robot seguidor de personas y cargador de objetos	100 libras
Diferencia	65 libras

4.2. Desarrollo de la Propuesta de Solución

En este apartado se desarrollará la propuesta del carro robot seguidor de personas y cargador de objetos, abordando desde la propuesta, su justificación, objetivos y modelización hasta varios aspectos como técnicos, legales, organizacionales y económicos.

4.2.1. Descripción de la Propuesta

La solución a esta problemática es un carro robot cargador de objetos y seguidor de personas para que las personas no tengan que cargar objetos pesados mientras se trasladan a pie, que esquive obstáculos mediante los sensores ultrasónicos y que además tendrá una cámara para que pueda identificar a la persona a seguir.

El sistema estará diseñado para personas que tengan alguna discapacidad física, sean envejecientes, dígase, que no pueden levantar mucho peso o personas que necesiten movilizarse mucho en el área de trabajo y necesiten una ayuda con las herramientas que llevan.

4.2.2. Justificación de la Propuesta

La implementación de un carro robot seguidor de personas y cargador de objetos se justifica por su potencial para mejorar la calidad de vida de personas con movilidad reducida o limitaciones físicas, particularmente envejecientes o con discapacidades. Esto viene a partir de los desafíos relacionados con el transporte de objetos pesados, ayudando a prevenir problemas de salud derivados del esfuerzo excesivo y malas posturas.

- Facilitar el transporte de cargas: Ofrecer una solución accesible para personas que enfrentan dificultades al cargar objetos pesados, promoviendo su independencia y reduciendo el esfuerzo físico.
- Prevenir riesgos de salud: Minimizar lesiones y problemas posturales derivados del esfuerzo físico repetitivo, protegiendo la salud a largo plazo del usuario.
- Asegurar seguridad y funcionalidad: Incorporar tecnologías avanzadas como sensores de seguimiento y sistemas de evasión de obstáculos que garanticen una operación segura en distintos entornos.

4.2.3. Objetivos de la Propuesta

Objetivo general

- Realizar un carro robot que pueda seguir a las personas y pueda cargar objetos.

Objetivos específicos

- Demostrar que el carro robot puede aliviar las cargas que tienden a llevar mucho peso o más de lo recomendado.
- Demostrar la viabilidad que este carro puede traer a la República Dominicana.
- Integrar un sistema de detección de obstáculos para la seguridad del usuario.

- Hacer una estructura robusta con la cual el carro pueda soportar mucho peso.

4.2.4. Configuración y Modelización

Este robot tiene una configuración de 2 ruedas motorizadas de hoverboard para impulsarse y moverse para seguir al usuario, este cuenta con una base robusta que puede soportar hasta 150 libras y cuenta con una cámara que detecta a las personas mediante el enlace con un Arduino.

En la modelización, nos basamos mucho en el FOLO-200 que usa percepción espacial, sistemas de posicionamiento en tiempo real, algoritmos de control de movimiento y fusión multisensorial, entre otras tecnologías de inteligencia artificial para el movimiento y la evasión de obstáculos, además, este tiene un precio de 3200 USD o RD\$200,000.

Nos basamos en su modelo para hacer el nuestro, aunque, nuestro robot tiene el ajuste de cámara para ver mientras que el FOLO-200 usa varios tipos de sensores.

También tomamos en cuenta a otros 2 robots similares en el mercado el COWAROBOT R1 que es un robot en forma de maleta para transportar ropa y utensilios que cuenta con sensores para evitar los obstáculos y los desniveles, puede circular a una velocidad de 4,5 km/h y subir cuestas con una inclinación de 15° con el precio de 700 USD o RD\$ 42,000, y el GITA MINI que es un robot autónomo de transporte de carga, su forma es cilíndrica con ruedas de goma en los bordes exteriores, pudiendo rodar hasta 35 km/h y para la detección de obstáculos usa varias cámaras y sensores con una duración de 8 horas de batería con un precio de 2475 USD o RD\$ 150,000.

4.2.5. Aspectos Técnicos

El desarrollo del carro robot seguidor de personas y cargador de objetos implica la consideración de diversos aspectos técnicos que aseguran su operatividad y eficacia. A continuación, se describen los componentes y características técnicas esenciales para su implementación.

Diseño y estructura

- **Materiales.** Se usó el plafón para hacer bases para el registro donde estará la circuitería y la laptop y 2 bases metálicas para el soporte de la cámara.
- **Ruedas.** Se usaron 2 ruedas de hoverboard o patinete para la parte trasera del robot para que este se impulse y si necesita girar, se le disminuye la velocidad a una rueda.
- **Batería.** Se usó una batería de 36V para alimentar las ruedas motorizadas mediante los drivers para los motores.
- **Estructura.** El robot tiene un espacio considerable 50 cm x 100 cm para poder poner muchos objetos en el robot.

Autonomía:

- **Modo STOP.** Cuando el usuario está quieto y el robot llega a alcanzarlo, el robot se queda en modo stop haciendo pequeños movimientos hacia adelante y atrás esperando al siguiente movimiento del usuario.

Aspectos Regulatorios y de Seguridad

- **Protocolos de Seguridad.** Establecer protocolos para el uso seguro del robot, incluyendo la capacitación de los operadores.

4.2.6. Aspectos Legales (Patentes y Licencias)

En este caso, hay robots similares que tienen la misma función que nuestro proyecto, sin embargo, no se ha patentado, lo que hay en la página de patentes de google que se encontró fue sobre recomendaciones a la hora de hacer ese tipo de robots, como el siguiente:

Un robot móvil incluye un chasis de robot que tiene un extremo delantero, un extremo trasero y un centro de gravedad. El robot incluye una superficie de soporte impulsada para propulsar el robot y un primer brazo articulado que rota sobre un eje ubicado detrás del centro de gravedad del chasis del robot. El brazo es pivotable para seguir al robot, rotar en una primera dirección para levantar el extremo trasero del chasis del robot mientras la superficie de soporte impulsada propulsa el chasis hacia adelante para superar un obstáculo, y rotar en una segunda dirección opuesta para extenderse hacia adelante más allá del centro de gravedad del chasis del robot y levantar el extremo delantero del chasis del robot e invertir el robot en sentido longitudinal. (Rudakevych, P 2011).

4.2.7. Aspectos Organizacionales

En los aspectos organizacionales como grupo y no como empresa, cada integrante del grupo tuvo una función a realizar:

Ángel Vidal: Programación.

Diego Sierra: Diseño 3D y electrónico.

Yeison Reyes: Diseño 3D.

Victor Mejía: Diseño electrónico y documentación.

4.2.8. Aspectos Económicos y Financieros

En este apartado, se estará presentando la inversión inicial del proyecto y las fuentes de financiamiento de estas para el desarrollo del proyecto.

4.2.8.1. Inversión Inicial

La inversión inicial del proyecto fue de unos 500.00 USD o RD\$ 30,000.00 aproximadamente que se invirtieron en los materiales, sensores, circuitería, componentes electrónicos, herramientas y mecanismos.

4.2.8.2. Fuentes de Financiamiento

Las fuentes de financiamiento de este proyecto fueron en base a nuestros padres y nuestros trabajos para la compra de todo lo que necesitábamos en cada momento.

5. Conclusiones

A través del análisis y desarrollo de este proyecto, se ha demostrado que la implementación de un carro robot seguidor de personas y cargador de objetos representa una solución innovadora para mejorar la calidad de vida de personas con movilidad reducida, discapacidades físicas o envejecientes.

Desde una perspectiva técnica, el carro integra tecnologías avanzadas como cámaras para el reconocimiento de usuarios, sensores ultrasónicos para la evasión de obstáculos y sistemas de tracción motorizados que aseguran un desempeño óptimo en diversos entornos. Además, su estructura robusta permite el transporte seguro de objetos, mientras su diseño autónomo incrementa la independencia de los usuarios.

Por otro lado, para satisfacer a mucha parte del público se deben hacer más modelos de nuestros robots ya sean algunos más pequeños o de tamaño mediano ya que muchas personas no necesitan esas dimensiones ya que la mayoría de las veces no llevarán objetos tan pesado y solo quieren llevarse algunos objetos, pero sin la molestia de llevarlo cargado.

Por último, esta tecnología es especialmente relevante en contextos laborales o personales, donde la movilidad y la capacidad de carga son esenciales, como en almacenes, oficinas o entornos domésticos. La implementación de este robot en la República Dominicana ofrece una oportunidad con más variedad en los robots para abordar necesidades específicas de su población, posicionándose como una solución accesible y de impacto positivo a nivel social y económico.

6. Recomendaciones

Mantenimiento. El mantenimiento regular del carro robot es esencial para garantizar su funcionamiento continuo y eficiente. Se recomienda establecer un plan de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones periódicas de los componentes mecánicos y electrónicos, como los motores, sensores y baterías. Este mantenimiento debe contemplar la limpieza de las partes móviles, la verificación de la calibración de los sensores de seguimiento y la revisión del software para detectar posibles fallos en los algoritmos. Además, el reemplazo oportuno de piezas desgastadas, como ruedas y cables, ayudará a prevenir problemas durante su operación y aumentará la vida útil del robot.

Mejora de cámaras para mejor visibilidad del robot. Para optimizar el rendimiento del robot seguidor de personas, es recomendable mejorar la calidad de las cámaras utilizadas en el sistema. El uso de cámaras de alta resolución y con mejor capacidad de procesamiento de imágenes permitirá al robot seguir a las personas con mayor precisión, incluso en entornos complejos y cambiantes. Además, la implementación de cámaras con capacidades de visión estéreo o cámaras de profundidad podría mejorar la detección de obstáculos, facilitando una navegación más fluida y segura en entornos dinámicos. La integración de tecnologías de inteligencia artificial, como el aprendizaje profundo, podría hacer que el robot reconozca mejor a las personas y adapte su comportamiento a diferentes situaciones, mejorando su capacidad de seguimiento.

Implementación de linterna o cámara de luz nocturna. Para permitir la operación del robot en condiciones de baja luminosidad o durante la noche, se recomienda integrar una linterna o una cámara equipada con luz infrarroja (IR). Esta solución mejoraría

significativamente la visibilidad en entornos oscuros, permitiendo que el robot siga a las personas y detecte obstáculos con mayor facilidad. La luz infrarroja no solo aumentaría la efectividad del sistema en ambientes oscuros, sino que también podría reducir la dependencia de la luz natural o artificial, permitiendo un funcionamiento continuo en diferentes condiciones de iluminación. Esta mejora también contribuiría a la seguridad del robot, evitando posibles colisiones con objetos invisibles en entornos nocturnos.

7. Referencias bibliográficas

Eirale, A., Martini, M., & Chiaberge, M. (2022). Human-Centered Navigation and Person-Following with Omnidirectional Robot for Indoor Assistance and Monitoring. *Robotics*, 11, 108. <https://doi.org/10.3390/robotics11050108>

Chan, W., Radmard, S., Hew, Z., & Morris, J. (s. f.). Autonomous Person-Specific Following Robot. <https://arxiv.org/html/2010.08017>

Rosario, B. (2024, 28 de junio). Censo revela que la población dominicana va rumbo a la disminución y el envejecimiento. *Diario Libre*. <https://www.diariolibre.com/actualidad/nacional/2024/06/27/censo-revela-que-la-poblacion-dominicana-va-rumbo-al-envejecimiento/2769480>

Pérez, J. (2022, 15 de julio). Se requieren datos actualizados para conocer situación de personas con discapacidad en RD. *Diario Libre*. <https://www.diariolibre.com/actualidad/nacional/2022/07/15/rd-no-tiene-datos-actualizados-de-personas-discapacitadas/1948426>

Una población que envejece exige más pensiones y más salud. (2023, 12 de enero). *Noticias ONU*. <https://news.un.org/es/story/2023/01/1517857#:~:text=En%202021%2C%20761%20millones%20de,a%201600%20millones%20en%202050.>

La inclusión de la discapacidad. (2023, 23 de abril). *World Bank*. <https://www.bancomundial.org/es/topic/disability#:~:text=El%2015%20%25%20de%20%20la%20poblaci%C3%B3n,sufren%20alg%C3%BAn%20tipo%20de%20discapacidad.>

Ceballos, A. (2024, 6 febrero). ¿Puedes mover a un adulto mayor? Averígualo aquí - Abuelo Cómodo. Abuelo Cómodo. [https://abuelocomodo.com/blog/cuidado-del-adulto-mayor/mover-adulto-mayor/#:~:text=No%20obstante%2C%20mover%20a%20un,16%20kg%20\(35%20lb\).](https://abuelocomodo.com/blog/cuidado-del-adulto-mayor/mover-adulto-mayor/#:~:text=No%20obstante%2C%20mover%20a%20un,16%20kg%20(35%20lb).)

Univision. (s. f.). ¡Ya no cargues tanto! Este es el daño que te provoca un bolso demasiado pesado. Univision. <https://www.univision.com/estilo-de-vida/bienestar/ya-no-cargues-tanto-este-es-el-dano-que-te-provoca-un-bolso-demasiado-pesado>

Traveler. (2016, 10 agosto). Cowarobot R1, la maleta robótica que te sigue. Traveler. <https://www.traveler.es/experiencias/articulos/cowarobot-maleta-que-te-sigue/9297>

Piaggio Fast Forward. (s. f.). Gita - Piaggio Fast Forward. <https://piaggiofastforward.com/shop/gitamini>

Foxttech. (s. f.). FOLO-200 Heavy duty 100KG four-wheel cargo trolley automatic human following cart robot. <https://store.foxttech.com/fole-200-heavy-duty-100kg-four-wheel-cargo-trolley-automatic-human-following-cart-robot/>

8. Apéndice y Anexos

Figura 3

Drawing del carro

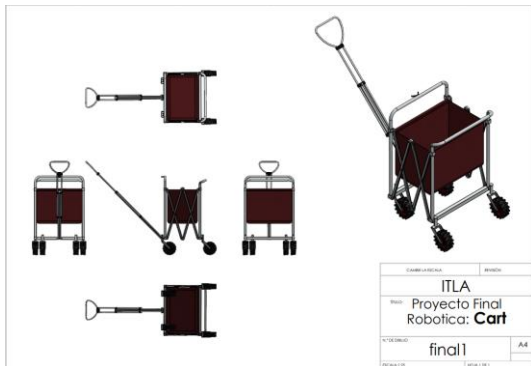


Figura 4

Drawing con vista explosionada

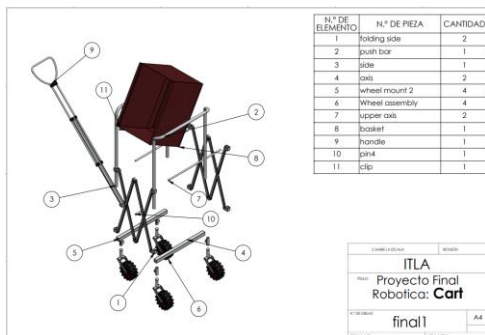


Figura 5

Drawing de folding side

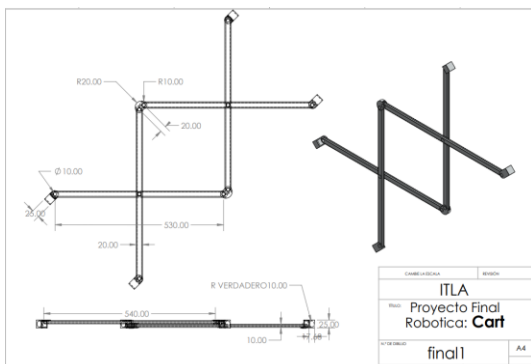


Figura 6

Drawing de push bar

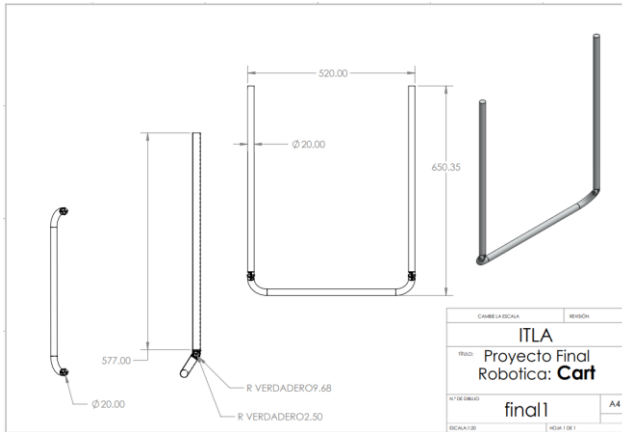


Figura 7

Drawing de la rueda

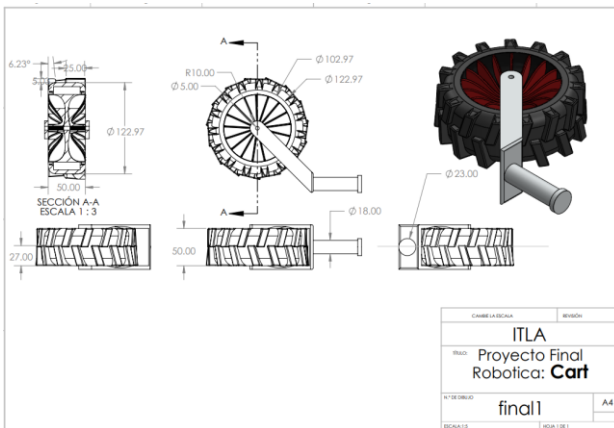


Figura 8

Drivers de motores

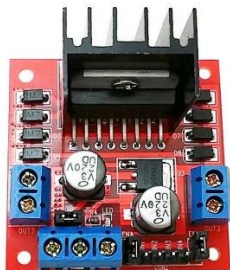


Figura 9

ESP32



Figura 10

Camara Outdoor Light



Figura 11

Laptop usada enlazada a la cámara



Figura 12

Rueda motorizada 36V



Figura 13

Puesto de cámara



Figura 14

Robot en funcionalidad



Figura 15

FOLO-200



Figura 16

GITA MINI



Figura 17

COWAROBOT R1



Código del Carro Robot Cargador de Objetos y Seguidor de personas

```
from pathlib import Path

import cv2

import depthai as dai

import serial

import time

import argparse

import blobconverter


# Constants

SHOW_PREVIEW = True # Set to False to disable preview on the computer

SAVE_INTERVAL = 0.2 # Save image at 5 fps

IMG_MAP_PATH = '/tmp/img_camera.png'


MAX_SPEED = 19

MIN_SPEED = -19

BASE_TURN_SPEED = 1

BACKWARD_SPEED = -8

FORWARD_SPEED = 18

KP = 25 # Ganancia de control de movimiento lineal

KT = 10 # Ganancia de control de giro

KP_X = 0.05 # Ganancia proporcional para el eje X (ajusta según necesidad)
```

```
KP_Z = 0.01 # Factor para reducir el giro según la distancia en Z (ajusta según
necesidad)
```

```
labelMap = ["background", "aeroplane", "bicycle", "bird", "boat", "bottle", "bus", "car",
"cat", "chair", "cow",
"diningtable", "dog", "horse", "motorbike", "person", "pottedplant", "sheep",
"sofa", "train", "tvmonitor"]
```

```
nnPathDefault = blobconverter.from_zoo(
    name="mobilenet-ssd",
    shaves=5,
    zoo_type="intel"
)

parser = argparse.ArgumentParser()

parser.add_argument('nnPath', nargs='?', help="Path to mobilenet detection network
blob", default=nnPathDefault)

parser.add_argument('-ff', '--full_frame', action="store_true", help="Perform tracking on
full RGB frame", default=False)

args = parser.parse_args()
```

```

fullFrameTracking = args.full_frame

# Create pipeline

pipeline = dai.Pipeline()

# Define sources and outputs

camRgb = pipeline.create(dai.node.ColorCamera)

spatialDetectionNetwork = pipeline.create(dai.node.MobileNetSpatialDetectionNetwork)

monoLeft = pipeline.create(dai.node.MonoCamera)

monoRight = pipeline.create(dai.node.MonoCamera)

stereo = pipeline.create(dai.node.StereoDepth)

objectTracker = pipeline.create(dai.node.ObjectTracker)

xoutRgb = pipeline.create(dai.node.XLinkOut)

trackerOut = pipeline.create(dai.node.XLinkOut)

xoutRgb.setStreamName("preview")

trackerOut.setStreamName("tracklets")

# Properties

camRgb.setPreviewSize(300, 300)

camRgb.setResolution(dai.ColorCameraProperties.SensorResolution.THE_1080_P)

camRgb.setInterleaved(False)

```

```

camRgb.setColorOrder(dai.ColorCameraProperties.ColorOrder.BGR)

monoLeft.setResolution(dai.MonoCameraProperties.SensorResolution.THE_400_P)
monoLeft.setBoardSocket(dai.CameraBoardSocket.CAM_B)
monoRight.setResolution(dai.MonoCameraProperties.SensorResolution.THE_400_P)
monoRight.setBoardSocket(dai.CameraBoardSocket.CAM_C)

# setting node configs

stereo.initialConfig.setConfidenceThreshold(255)

spatialDetectionNetwork.setBlobPath(args.nnPath)
spatialDetectionNetwork.setConfidenceThreshold(0.5)
spatialDetectionNetwork.input.setBlocking(False)
spatialDetectionNetwork.setBoundingBoxScaleFactor(0.5)
spatialDetectionNetwork.setDepthLowerThreshold(100)
spatialDetectionNetwork.setDepthUpperThreshold(8000)

objectTracker.setDetectionLabelsToTrack([15]) # track only person
# possible tracking types: ZERO_TERM_COLOR_HISTOGRAM,
ZERO_TERM_IMAGELESS
objectTracker.setTrackerType(dai.TrackerType.ZERO_TERM_COLOR_HISTOGRAM)
# take the smallest ID when new object is tracked, possible options: SMALLEST_ID,
UNIQUE_ID

```



```

objectTracker.setTrackerIdAssignmentPolicy(dai.TrackerIdAssignmentPolicy.SMALLEST_ID)

# LR-check is required for depth alignment
stereo.setLeftRightCheck(True)

stereo.setDepthAlign(dai.CameraBoardSocket.CAM_A)

# dai.RawStereoDepthConfig.AlgorithmControl.DepthAlign

# Linking
monoLeft.out.link(stereo.left)
monoRight.out.link(stereo.right)

camRgb.preview.link(spatialDetectionNetwork.input)
objectTracker.passthroughTrackerFrame.link(xoutRgb.input)
objectTracker.out.link(trackerOut.input)

if fullFrameTracking:
    camRgb.setPreviewKeepAspectRatio(False)
    camRgb.video.link(objectTracker.inputTrackerFrame)
    objectTracker.inputTrackerFrame.setBlocking(False)
    # do not block the pipeline if it's too slow on full frame
    objectTracker.inputTrackerFrame.setQueueSize(2)

```

else:

```
    spatialDetectionNetwork.passthrough.link(objectTracker.inputTrackerFrame)
```

```
spatialDetectionNetwork.passthrough.link(objectTracker.inputDetectionFrame)
```

```
spatialDetectionNetwork.out.link(objectTracker.inputDetections)
```

```
stereo.depth.link(spatialDetectionNetwork.inputDepth)
```

```
def initialize_serial(port, baudrate):
```

```
    try:
```

```
        ser = serial.Serial(port, baudrate, timeout=1)
```

```
        print(f'Connected to {port} at {baudrate} baudrate.'))
```

```
        return ser
```

```
    except serial.SerialException as e:
```

```
        print(f'Error: {e}')
```

```
        time.sleep(5) # Reattempt connection every 5 seconds
```

```
        return initialize_serial(port, baudrate)
```

```
def send_message(ser, message):
```

```
    if ser and ser.is_open:
```

```
        ser.reset_input_buffer() # Clear input buffer
```

```
        ser.reset_output_buffer() # Clear output buffer
```

```
        ser.write(message.encode('utf-8'))
```

```

    print(f'Sent: {message}')

    time.sleep(0.1) # Delay to prevent saturating the output buffer

else:

    print("Serial port not open or not initialized.")


def format_output(left_motor, right_motor):

    left_direction = 1 if left_motor >= 0 else 0
    right_direction = 1 if right_motor >= 0 else 0

    left_speed = abs(left_motor)
    right_speed = abs(right_motor)

    left_brake = 1 if left_speed > 0 else 0
    right_brake = 1 if right_speed > 0 else 0

    output = "{:01d} {:03d} {:01d} {:01d} {:03d} {:01d}".format(left_direction, left_speed,
left_brake, right_direction, right_speed, right_brake)

    return output


port = 'COM3'

baudrate = 115200

ser = initialize_serial(port, baudrate)

time.sleep(2)

```

```

# Connect to device and start pipeline
with dai.Device(pipeline) as device:

    preview = device.getOutputQueue("preview", 4, False)
    tracklets = device.getOutputQueue("tracklets", 4, False)

    startTime = time.monotonic()
    counter = 0
    fps = 0
    color = (255, 255, 255)

    last_save_time = time.monotonic()

    while(True):

        imgFrame = preview.get()
        track = tracklets.get()

        counter+=1

        current_time = time.monotonic()
        if (current_time - startTime) > 1 :

```

```
fps = counter / (current_time - startTime)
```

```
counter = 0
```

```
startTime = current_time
```

```
frame = imgFrame.getCvFrame()
```

```
trackletsData = track.tracklets
```

```
for t in trackletsData:
```

```
    roi = t.roi.denormalize(frame.shape[1], frame.shape[0])
```

```
    x1 = int(roi.topLeft().x)
```

```
    y1 = int(roi.topLeft().y)
```

```
    x2 = int(roi.bottomRight().x)
```

```
    y2 = int(roi.bottomRight().y)
```

```
    try:
```

```
        label = labelMap[t.label]
```

```
    except:
```

```
        label = t.label
```

```
left_motor = 0
```

```
right_motor = 0
```

```
if t.status.name == "TRACKED":
```

```

        cv2.putText(frame, str(label), (x1 + 10, y1 + 20),
cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX, 0.45, (255, 255, 0))

        cv2.putText(frame, f"ID: {[t.id]}", (x1 + 10, y1 + 35),
cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX, 0.45, (255, 255, 0))

        cv2.putText(frame, t.status.name, (x1 + 10, y1 + 50),
cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX, 0.45, (255, 255, 0))

        cv2.rectangle(frame, (x1, y1), (x2, y2), color,
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX)


        cv2.putText(frame, f"X: {int(t.spatialCoordinates.x) / 1000} m", (x1 + 10, y1 +
65), cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX, 0.45, (255, 255, 0))

        cv2.putText(frame, f"Y: {int(t.spatialCoordinates.y) / 1000} m", (x1 + 10, y1 +
80), cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX, 0.45, (255, 255, 0))

        cv2.putText(frame, f"Z: {int(t.spatialCoordinates.z) / 1000} m", (x1 + 10, y1 +
95), cv2.FONT_HERSHEY_TRIPLEX, 0.45, (255, 255, 0))


        # Distancia en el eje Z para definir si se mueve hacia adelante, atrás o se
        detiene

        if t.spatialCoordinates.z < 1000: # Si el objeto está cerca, detenerse

            left_motor = 0

            right_motor = 0

        elif t.spatialCoordinates.z < 2000: # Objeto a una distancia media, moverse
        hacia adelante

```

```

    left_motor = FORWARD_SPEED

    right_motor = FORWARD_SPEED

else: # Objeto está lejos, moverse hacia atrás

    left_motor = MIN_SPEED

    right_motor = MIN_SPEED


# Control proporcional de giro en el eje X y ajuste según la distancia en Z

deviation_x = t.spatialCoordinates.x

distance_z = t.spatialCoordinates.z

turn_speed = KP_X * deviation_x # Aumenta el giro según la desviación en X

turn_speed *= max(0.5, 1 - KP_Z * distance_z) # Reduce giro cuanto más
cerca esté la persona


# Limitar el giro a BASE_TURN_SPEED

turn_speed = max(-BASE_TURN_SPEED, min(turn_speed,
BASE_TURN_SPEED))


# Ajusta los motores proporcionalmente al desvío en X y la distancia en Z

left_motor -= int(turn_speed)

right_motor += int(turn_speed)


# Limitar los valores de velocidad de los motores

```

```

left_motor = max(min(left_motor, MAX_SPEED), MIN_SPEED)

right_motor = max(min(right_motor, MAX_SPEED), MIN_SPEED)


# Formatear el mensaje para enviar a través del puerto serial

message = format_output(left_motor, right_motor)

send_message(ser, message)


# Show the frame with the tracked object

if SHOW_PREVIEW:

    cv2.imshow("Preview", frame)

key = cv2.waitKey(1) & 0xFF

if key == ord("q"):

    break


cv2.destroyAllWindows()

```