

Entre

CIENCIA

e

INGENIERIA

4

Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)



Entre

CIENCIA

e

INGENIERIA

4

Amanda Fernandes Pereira da Silva
(Organizadora)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Amanda Fernandes Pereira da Silva

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E61 Entre ciencia e ingenieria 4 / Organizador Amanda Fernandes Pereira da Silva. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0586-3
DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.863221910>

1. Ciencia. 2. Ingenieria. I. Silva, Amanda Fernandes Pereira da (Organizador). II. Título.

CDD 501

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção “Entre Ciencia e Ingenieria 4” é uma obra que compreende os processos sob os quais se desenvolve, aplica e divulga a ciência, tecnologia e a inovação. Seu objetivo consiste em difundir trabalhos científicos que abrange diversos campos da Ciência e Engenharia que compõem os capítulos.

O volume abordará de forma categorizada e clara pesquisas e publicações com o objetivo central de analisar processos que possam ser utilizáveis em projetos e/ou trabalhos futuros. Além disso, apresenta uma análise ao desenvolvimento de temáticas que envolvem a saúde pública e coletiva, área das engenharias e ciência.

Desta forma, esse material se torna bem interessante por constituir temas, conhecimentos acadêmicos desenvolvidos e discutidos por diversas instituições de ensino e pesquisa do país e fora do país. Por isso, para necessária compreensão comum e explicitar trabalhos de forma altamente eficaz, a Atena Editora é capaz de oferecer e difundir a transferência de conhecimento com os mais debates centrados da liderança da ciência e engenharia com esta mais nova coleção.

Amanda Fernandes Pereira da Silva


SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ACTIVIDAD ANTI-CHIKUNGUNYA DE LOS ACEITES ESENCIALES DE PLANTAS PERTENECIENTES A LAS FAMILIAS VERBENACEAE, PIPERACEAE, POACEAE, LAMIACEAE, LAURACEAE Y MYRTACEAE: ESTUDIOS DE DOCKING MOLECULAR

Liliana Amparo Betancur-Galvis

Orlando José Jiménez Jarava

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219101>

CAPÍTULO 2..... 24

CATALYTIC PYROLYSIS OF WASTE EXPANDED POLYSTYRENE TO OBTAIN STYRENE

Gerardo Pérez-Bravo


José Luis Contreras Larios

Jorge Francisco Rodríguez

Beatriz Zeifert

Tamara Vázquez Rodríguez

Jesús Eduardo Estrada Pérez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219102>

CAPÍTULO 3..... 37


EL GÉNERO Y SU IMPACTO EN EL NIVEL DE BURNOUT DE LOS DIRECTIVOS DE MIPYMES DE ALIMENTOS Y BEBIDAS EN EL ESTADO DE SONORA

Jesús Martín Cadena Badilla

Arturo Vega-Robles

Agustín Mejías Acosta

Joaquín Vásquez Quiroga

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219103>

CAPÍTULO 4..... 53

ESTUDIO SOBRE LA APLICABILIDAD DE LOS RESIDUOS EN LA PRODUCCIÓN DE GEOPOLÍMEROS PARA USO EM HORMIGÓN

Laryssa Oliveira Bento

Thamila Barroso de Moura Alves

Amanda Fernandes Pereira da Silva

Crisnam Kariny da Silva Veloso

Alisson Rodrigues de Oliveira Dias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219104>

CAPÍTULO 5..... 62

ANÁLISIS MORFODINÁMICO DEL RÍO SINÚ ANTES Y DESPUES DE LA OPERACIÓN DE URRÁ I

Germán Vargas Cuervo


David Leonardo Valbuena Gaviria

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219105>

CAPÍTULO 6..... 80

MEJORA DE PROCESO APLICANDO HERRAMIENTAS DE MANUFACTURA ESBELTA


Esteban Rubio Ochoa
Laura Isela Padilla Iracheta
Jaime Eduardo Trejo Aguirre
Irving Torres Quezada
Jesús Eduardo Ramírez Delgado

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219106>

CAPÍTULO 7..... 92

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA MÓVIL ENFOCADA A UN ROBOT DE RESCATE


Martha Isabel Aguilera Hernández
Juan Antonio Algarín Pinto
Daniel Medina Romero
Manuel Ortiz Salazar
José Luis Ortiz Simón
Raúl Francisco Aguilera Hernández
Gustavo Rojo Velázquez
Daniel Olivares Caballero

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219107>

CAPÍTULO 8..... 110

PROYECTO MERCURIO CERO. REMOCIÓN DE MERCURIO MEDIANTE ELECTROCOAGULACIÓN, EN MUESTRAS DE AGUA DEL RÍO ARZOBISPO CUENCA MEDIA


Luis Eduardo Peña Prieto
Adriana Alméciga Gómez
Rafael Meza Benitez
Xiomara Jiménez Muñoz
Johanna Bonilla

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219108>

CAPÍTULO 9..... 123

REDUCTION OF WORKPLACE ACCIDENT RATES USING MATHEMATICAL STATISTICAL MODELS

Ramón A. Pons Murguía
Eulalia M. Villa González Del Pino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8632219109>

CAPÍTULO 10..... 130

SYSTEM MODELING RESEARCH PROJECT OF STUDENT'S GRADE POINT AVERAGE

Juan Carlos González-Castolo
Silvia Ramos-Cabral
Sara Catalina Hernández-Gallardo
Manuel Prieto-Méndez

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.86322191010>

SOBRE A ORGANIZADORA.....	145
ÍNDICE REMISSIVO.....	146

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE ESTRUCTURA MÓVIL ENFOCADA A UN ROBOT DE RESCATE

Data de aceite: 03/10/2022

Martha Isabel Aguilera Hernández

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

Juan Antonio Algarín Pinto

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

Daniel Medina Romero

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

Manuel Ortiz Salazar

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

José Luis Ortiz Simón

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

Raúl Francisco Aguilera Hernández

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

Gustavo Rojo Velázquez

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

Daniel Olivares Caballero

Tecnológico Nacional de México, Instituto
Tecnológico de Nuevo Laredo

RESUMEN: El presente documento pretende mostrar la forma en la que se diseñó e implementó una estructura robótica móvil capaz de desplazarse por diversos tipos de territorios,

mostrando de manera concreta la concepción de ideas, prototipos y construcción de este. A su vez, se demuestra la aplicabilidad de este tipo de proyectos para las tareas de rescate en situaciones de alto riesgo y/o de desastre. Se plantea detalladamente los resultados obtenidos en función de la movilidad y estabilidad presentados por la estructura mecánica mientras se desplaza por escenarios no estructurados, lugares disparejos, escaleras, entre otros.

PALABRAS CLAVE: Robot de rescate, grados de libertad, sistemas mecánicos, estabilidad mecánica, diseño mecánico.

ABSTRACT: This document aims to show the way in which a mobile robotic structure capable of moving through different types of territories was designed and implemented, showing in a concrete way the conception of ideas, prototypes and its construction. Also, the applicability of this type of projects for rescue tasks in situations of high risk and / or disaster is demonstrated. The results presented by the mechanical structure are detailed in terms of mobility and stability while moving through unstructured scenarios, uneven places, and stairs, among others.

1 | INTRODUCCIÓN

La incorporación de tecnologías ha facilitado la realización de tareas donde se requiere un mayor esfuerzo humano. Es en la robótica móvil donde se puede encontrar un gran campo de aplicación para la consecución de objetivos diversos. Un ejemplo muy importante

de los beneficios que la robótica móvil es capaz de aportar es el control de sistemas por espacios o zonas en las que la capacidad humana no puede ingresar. Algunas veces, la implementación de sistemas robóticos es la única opción que se tiene para poder realizar un proceso si se desea estar en un ambiente 100% seguro, como lo es el objetivo principal de la presente investigación: la construcción de un sistema que pueda recorrer zonas de desastre.

Se han realizado grandes avances referente a estructuras móviles para que estas puedan moverse en todo tipo de terreno y se ha llegado a diseñar una gran cantidad de propuestas para tratar de cumplir casi en todas las posibles condiciones en las que se pueda localizar un determinado móvil. En este proyecto, se pretende presentar nuevas ideas para el diseño de una estructura que pueda responder de mejor manera ante terrenos dispares y que además presente la capacidad de moverse a través de zonas con grados de complejidad aleatorios sin que pierda su estabilidad. También, se desea analizar la estructura mecánica a implementar, con el propósito de visualizar que el comportamiento del robot sea el óptimo para realizar las tareas que un robot de rescate debe ser capaz de cumplir.

Los robots de rescate representan proyectos de enfoque social con aplicación en situaciones de gran aleatoriedad y urgencia, su impacto es tan importante como su estudio, diseño e implementación. Son estos robots los encargados de buscar información en zonas de desastre o en lugares donde ha ocurrido un fenómeno natural. Su misión consiste por tanto en brindar de manera remota información del lugar sobre el que se desplaza, así como detectar y dar anuncio de los factores que resulten de interés al operario del mismo. Por tales motivos, el diseño de la estructura que permitirá al robot moverse óptimamente constituye el pilar sobre el que se sustenta el correcto funcionamiento de todo el robot.

En el presente documento se detalla cada uno de los análisis que tuvieron que ser llevados a cabo para la construcción de una estructura mecánica capaz de realizar la tarea de movilidad de un robot de rescate. En la primera sección, se precisan cada una de las tareas que se deseó alcanzar una vez implementado el diseño final, así como también las ideas y diseños de estructuras mecánicas preliminares.

En la segunda sección del artículo, se muestra los dos prototipos construidos, así como también se describen las pruebas a las que fueron sometidos para que con base en su rendimiento se pudiera tomar la mejor decisión. De esta forma, se pudo diseñar y analizar dos estructuras mecánicas de manera física, así como también cuantificar su rendimiento y efectividad al momento de desplazarse por diversas arenas.

A su vez, se muestra la forma en la que se implementó la estructura mecánica final, así como también se describen cada uno de los aspectos que tuvieron que ser considerados para la construcción de este. También, se detallan aspectos que fueron estudiados para el control del movimiento de la estructura, como lo son: selección de controladores PWM, motores, materiales para el ensamblaje de eslabones, módulos de potencia, control

teleoperado y estudio de dimensiones y masas en general; a modo de poder obtener las respuestas deseadas ante las diversas pruebas que se buscaban aplicar.

Finalmente, se describen cada uno de los resultados obtenidos por parte de la estructura mecánica construida en términos de movilidad según el tipo de terreno sobre el que se desplazaba. Así también se analizan los tiempos y las formas en las que el sistema robótico responde cuando es controlado de manera remota. Mediante un análisis objetivo de dichos resultados se pretende demostrar la aplicabilidad de los conceptos mecatrónicos en la implementación de este tipo de proyectos, así como también su importancia e impacto en la sociedad.

2 | DISEÑO CONCEPTUAL DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.

El objetivo principal de construir un robot de rescate es lograr el acceso a lugares de peligro donde un humano no puede ingresar o inclusive acercarse. Para lograr el correcto desempeño de las tareas del robot, es imperativo lograr que éste pueda moverse de manera estable y óptima por los lugares en los que accederá. Entre las tareas que se buscaron cumplir al momento de implementar el presente trabajo de investigación se pueden mencionar primordialmente las siguientes:

- Diseñar un sistema de estructura móvil capaz de desplazarse por terrenos no estructurados y dispares, con diferentes grados de dificultad.
- Definición de terrenos de prueba para cada uno de los prototipos que se desearon implementar.
- Selección del prototipo final con base en los resultados obtenidos de las pruebas preliminares con base en movilidad.
- Armado de la estructura final mediante componentes elegidos a partir del análisis y criterios de selección de materiales.
- Implementación de un control a distancia que permita al robot responder de manera correcta y a tiempo, así como también que permita al usuario el pleno control de la estructura sin importar el terreno sobre el que realiza su desplazamiento.
- Lograr estabilidad tanto en terrenos horizontales, inclinados de hasta 30 grados, subiendo escaleras, así como en terreno escabroso y sobre arena.

El aspecto más importante será por tal motivo la forma en la que la estructura mecánica es capaz de mantener su estabilidad mientras se mueve por las diferentes superficies. De este modo, es necesario precisar la manera en la que se desea lograr dicha estabilidad.

La estructura mecánica debería presentar la cantidad de grados de libertad que permita lograr una mayor flexibilidad, centro de masa cercano a la superficie, adecuada

cantidad de puntos de apoyo para distribución de peso y agarre.

Finalmente, la estructura debería estar pensada para poder contener diferentes elementos por encima o dentro de sí. Por tal motivo, fue de gran importancia el diseñar un robot con base en el espacio que fuera capaz de brindar para el montaje de componentes, como lo son brazos robóticos, sensores, circuitos eléctricos y/o electrónicos, módulos de control, potencia y sistemas de visión, entre otros aspectos que pudieran ser utilizados. Además, el compartimento debería estar protegido ante impactos y ser de material resistente.

Las ideas de los diseños fueron realizadas por computadora antes de comenzar a llevar a cabo las implementaciones de los primeros prototipos, cuyas características y ventajas se detallan en la siguiente sección.

3 | DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPOS

Se analizaron dos diseños que fueron idealizados con la finalidad de cumplir uno de los retos más complejos para una estructura móvil: subir escalones sin perder el equilibrio ni retroceder. Entre las ideas surgidas, se encuentra la mostrada en la figura 1. Se puede observar un diseño mecánico en cuyo arrastre se encuentra formado por un sistema de transmisión de engranajes y orugas. Este tipo de sistemas es muy útil para lograr movimientos efectivos donde se busca un arrastre y un espacio de contacto mucho mayor, permitiendo que el robot o la estructura mecánica siempre encuentren estabilidad y equilibrio mientras pasa por terrenos no estructurados.

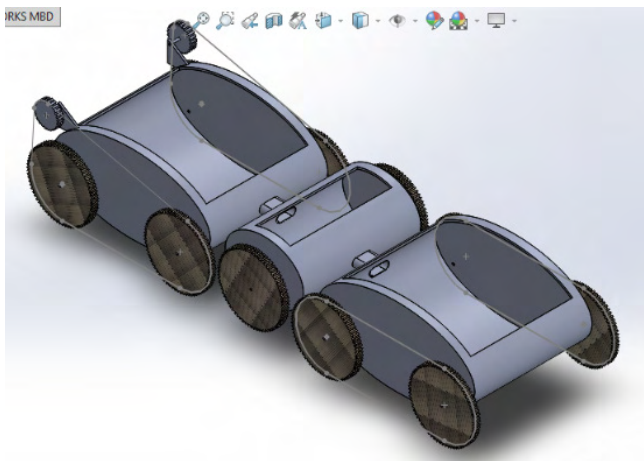


Figura 1 – Prototipo de estructura mecánica con bases de orugas.

Entre las características que presenta este tipo de diseño se pueden mencionar los siguientes aspectos:

- Centro de masa generalmente cercano a la superficie sobre la que se desliza.
- Bases acopladas a los motores por medio de sistemas de transmisión. Generalmente, estos sistemas suelen tener un gran torque y un mejor arrastre, aunque presentar una disminución de la velocidad.
- Una mejor distribución de la masa de la estructura, ya que suele repartirse a lo largo de las bases y las orugas.
- Diseño de tres vagones permitiendo dos movimientos libres entre la parte frontal y final del mismo, alcanzando flexibilidad y estabilidad.
- Amplio espacio para contener objetos.
- Conexión entre vagones por medio de resortes que permitieran mantener la unión entre elementos de manera firme, así como también generar el empuje necesario para que el vagón en contacto con el resorte reciba un impulso para subir el obstáculo que se encuentre de frente.

Por otra parte, se analizó la incorporación de una estructura que tuviera más de dos movimientos de libertad para mantener de mejor manera el equilibrio. Alargar la oruga o dividirla en más vagones solamente complicaría su control y se tendrían movimientos muy articulados que se resumirían en falta de acomodo de piezas, poca flexibilidad y/o estabilidad. Por tal motivo y de forma que se buscó incorporar algunas ideas generales de otros sistemas tal como el mencionado en [1], se realizó un diseño mecánico de un robot hexápodo, que permitiera a partir de su movimiento adaptarse a la forma del terreno con base en tres grados de libertad. Si se lograba distribuir de manera idónea la capacidad de movilidad del robot a lo largo de su estructura, podía garantizarse la adaptación del robot al terreno sobre el que estuviera situado.

En la figura 2 se puede visualizar el segundo diseño para el prototipo de un robot de rescate.

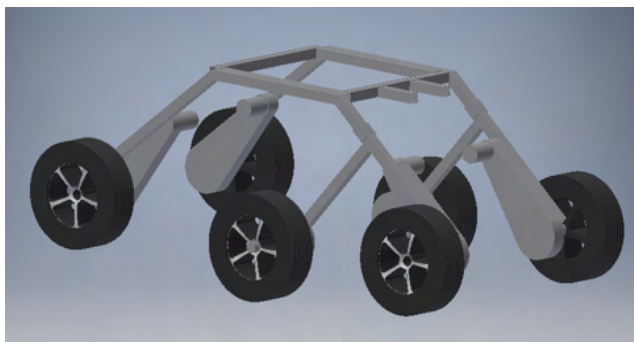


Figura 2 – Prototipo de estructura mecánica hexápodo.

Entre las características más importantes y beneficios que presenta el segundo

diseño preliminar se pueden mencionar los siguientes aspectos:

- Sistema de robot hexápodo con seis ruedas (y motores) independientes, permitiendo agarre y adaptación en más puntos de la superficie sobre la que se desplace el mecanismo.
- Sistema de escuadras frontales con cuatro llantas en sus extremos finales. Las escuadras presentan un movimiento independiente, de esta forma se busca que la estructura mecánica vaya adaptándose a la forma del obstáculo sobre el que se desplaza.
- Un movimiento independiente en un lateral de la estructura mecánica (conformando así un tercer grado de libertad de la estructura). Con este movimiento se pretende que el robot se adapte a cualquier forma de terreno, manteniendo una estabilidad en ambas secciones laterales. Así, serán las tres ruedas izquierdas las que presenten este movimiento libre.
- Las uniones de las articulaciones con movimiento independiente deberían ir unidas por medio de baleros entre cada eslabón para permitir la movilidad deseada.
- Una base o plataforma superior cuadrada que servirá para posicionar la circuitería, baterías, controladores y módulos de potencia, así como también dos extensiones frontales como base firme donde irá el sistema de brazo robótico y el sistema de visión.

Una vez realizados los diseños de las estructuras que mejor se adaptaron a las necesidades del proyecto, se comenzó a implementar los prototipos de cada uno de los robots con materiales resistentes, pero de fácil acceso. En la figura 3 se pueden observar ambos prototipos construidos a partir de materiales como tubos de PVC, motores DC a 5 volts, cartón corrugado, entre otros materiales. Así, en el inciso a) de la misma figura se puede observar la implementación de una estructura mecánica con base en orugas sometida a una prueba para escalar dos obstáculos de manera consecutiva, lo cual, aunque con algunas dificultades, logró realizar. Por otra parte, en el inciso b) se puede apreciar la implementación del segundo diseño, el robot hexápodo. La ventaja principal que mostró este mecanismo fue la facilidad con la que se adaptaba a los distintos tipos de terrenos sin perder la estabilidad en su movimiento. Presentó un agarre óptimo al momento de escalar y/o pasar sobre obstáculos y desniveles, así como para subir y bajar escalones. A pesar de presentar un centro de masa alto, no resultó en ningún tipo de inconveniente para su correcta movilidad a lo largo de las diversas pruebas a las que fue sometido.

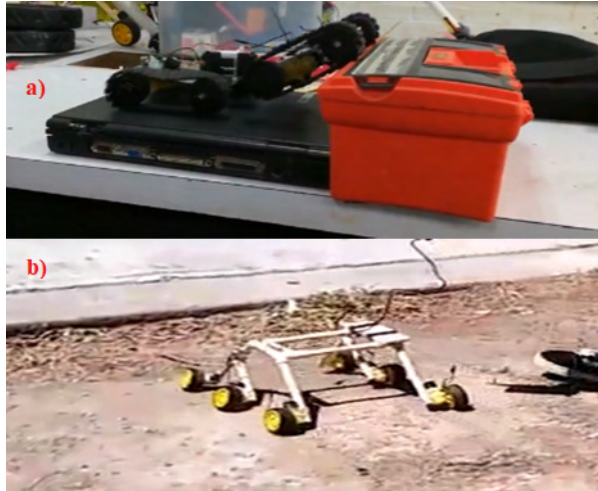


Figura 3 – Prototipos de estructura mecánicas preliminares.

Aunque los prototipos de las estructuras mecánicas podían desplazarse de manera correcta a lo largo de terrenos desnivelados o no estructurados, una de las pruebas que resultaron contundentes para la selección del prototipo a implementar fue la subida y bajada de escalones. Se construyó una escalera de tres escalones con una altura de 15 centímetros cada uno y un último nivel con área de alrededor de 300 centímetros cuadrados. Lo que se quería visualizar era la facilidad con la que cada prototipo era capaz de subir la escalera a lo largo de sus tres escalones, llegar al nivel superior, y comenzar a bajar por el lado posterior de la escalera. Para esta prueba, se tomó en cuenta el nivel máximo alcanzado por cada estructura mecánica y el tiempo con el que lograba cumplir la prueba hasta el nivel alcanzado.

En esta prueba también se pudo analizar la capacidad de respuesta del mecanismo para adaptarse al momento de escalar, así como la capacidad de agarre que presentaba cada estructura al momento en la que se iba adaptando a cada uno de los escalones.

En la figura 4 es posible visualizar la escalera de madera sobre la que se realizó esta prueba final, también, los resultados obtenidos se pueden visualizar en la Tabla I. Como se ha establecido, la movilidad que presentaban los mecanismos según el tipo de terreno era relativamente igual y estable para ambos diseños preliminares, por tanto, es necesario mencionar que esta prueba fue el criterio de decisión definitivo para la selección del prototipo a implementar de manera real y con los materiales que conformarían al diseño final.



Figura 4 – Escaleras construidas para pruebas finales.

ROBOT CON ORUGAS.			
Escalones alcanzados al subir.	Tiempo del recorrido de subida.	Escalones realizados de bajada.	Tiempo del recorrido de bajada.
1	9 segundos.	3	7 segundos.
ROBOT HEXÁPODO.			
3	20 segundos.	3	12 segundos.

TABLA I - RESULTADOS DE PRUEBAS PARA MOVILIDAD EN ESCALERA DE PROTOTIPOS DISEÑADOS.

Como se puede visualizar en los resultados obtenidos, la estructura mecánica que saca mayor provecho de su diseño será el robot hexápodo y los tres movimientos libres que presenta a lo largo de sus eslabones.

El robot con base de orugas representa un mayor peso a cargar cuando este se encuentra en pendientes cuesta arriba. Debido a la estructuración de sus vagones, habrá un punto en el que el mecanismo deberá comenzar a arrastrar los vagones posteriores a medida que sube, provocando un aumento en la demanda de energía del sistema, así como de torque en los motores. El diseño mecánico de la oruga representaba estabilidad al momento de lograr los desplazamientos por los distintos tipos de terreno gracias a su centro de masa muy cercano al suelo y área de contacto amplia con el mismo; sin embargo, son estas mismas características las que no le permiten escalar o subir pendientes.

Por otra parte, el robot hexápodo presenta movimientos más lentos debido a que antes de superar el obstáculo sobre el que se encuentra, empieza a adoptar y ajustarse a la forma del terreno que pisa, logrando primero estabilizarse para después continuar con su trayectoria. De esta forma, se puede visualizar que en las pruebas realizadas la estructura mecánica en forma de hexápodo fue capaz de subir la escalera diseñada que, aunque con ligeras complicaciones, logró completar en un tiempo aceptable.

En la bajada de escalones o trayectorias con pendiente cuesta abajo, es necesario analizar la forma en la que las estructuras móviles no cayeran por efectos de la gravedad (lo que facilita el movimiento de bajada), sino que mantuvieran un agarre constante y una efectiva adaptabilidad con cada escalón que sucedía al bajar. Esto no se vio así con el

primer prototipo, pero sí con el hexápodo. El robot con orugas bajaba de manera abrupta y rápida debido al peso y empuje que ocasionan los vagones que se encuentran en la parte posterior del mismo. En el caso del robot hexápodo, aunque también realizaba movimientos bruscos al bajar, antes de comenzar a llegar al escalón que seguía, debía adaptarse a la forma de los escalones para que esto le permitiera avanzar.

De las pruebas realizadas, se pudo comprobar que la mejor opción para el diseño final era el mostrado en la figura 2 ya que mostraba características muy útiles para la estructura mecánica de un robot de rescate. La forma en la que el sistema se puede acomodar en seis puntos de apoyo, adoptar la forma del obstáculo sobre el que se está desplazando, sus tres grados de libertad en cuanto a la movilidad de sus eslabones se refiere, y su estabilidad en general hizo de este prototipo preliminar la mejor opción para su implementación.

4 | IMPLEMENTACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA FINAL

Una vez que se ha decidido la estructura que conformará a la parte mecánica del robot de rescate, es necesario comenzar a analizar las principales modificaciones que resultan pertinentes realizar en función del comportamiento observado de los prototipos preliminares. Entre las primeras modificaciones que se planteó realizar fue el incorporar una caja protectora para los componentes que tenían que conformar al robot. El diagrama de la figura 5 muestra el diseño realizado por computadora, así como también las nuevas medidas que conformarán al sistema robótico una vez implementado en su tamaño final. Dentro de la caja que se implementó, se buscó contener por medio de tres repisas con rieles, todos los controladores, baterías, circuitos y cables necesarios para hacer mover a la estructura mecánica. A su vez, se planteó mantener un nivel superior sobre el cual irían montados los elementos que cumplan alguna función de recolección de información del entorno que rodea al robot. De esta manera, sólo se dejaría en el exterior de la estructura mecánica los elementos necesarios (brazo robótico, sensores, sistema de visión), y por dentro de la caja todos los componentes eléctricos y electrónicos que los hicieran funcionar.

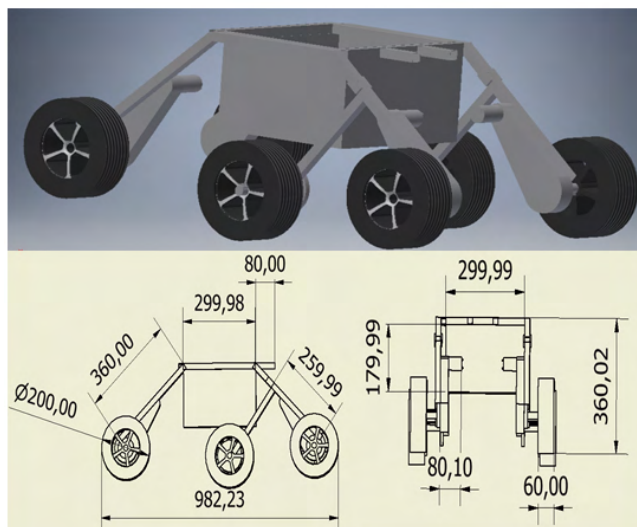


Figura 5 – Diseño final de estructura mecánica para robot de rescate con medidas en milímetros.

a) Características de los materiales para cada componente

Para la estructura general de la base móvil se buscó materiales que fueran huecos por dentro para tener el menor peso posible en la base. Por lo tanto, era necesario considerar materiales como aluminio y cobre debido a su ligereza. Sin embargo, aunque son metales ligeros, suelen fallar ante pruebas de impacto o golpes debido a su falta de dureza. Por una parte, el aluminio puede presentar una propiedad de ablandamiento y tendencias a deformarse bajo ciertos contactos; mientras que el cobre presenta la característica de ser muy quebradizo cuando se somete a una gran cantidad de impactos.

Una vez descartados, se pensó utilizar tubería galvanizada empleada en las instalaciones eléctricas, presentando problemas de control de la estructura debido al peso que este material presenta. También se tomó en cuenta la tubería de PVC y se comenzó a hacer pruebas en las que se observó una alta flexibilidad y resistencia a impactos. Sin embargo, las conexiones (articulaciones) entre las tuberías de PVC tendían a fallar ante los impactos de la estructura con los objetos, haciendo que estas se salieran de lugar o desarmaran a los eslabones. A pesar de que se siguió tomando como una opción, al final se optó por utilizar un material denominado PTR o Perfil Estructural de $\frac{3}{4}$ ". El PTR es un material metálico cuadrado hueco con alta resistencia, tiene un peso considerable pero la calidad y las características de dureza que presenta hicieron de este material el empleado para el diseño final.

b) Selección de los motores y acoplamiento a neumáticos

Una vez seleccionado el material que iba a constituir a la estructura mecánica, fue necesario hacer los cálculos pertinentes para la selección de los motores que serían

los encargados de trasladar dicho mecanismo a lo largo de los distintos terrenos que se pudieran encontrar. A su vez, se decidió utilizar únicamente cuatro motores (dos en la parte frontal del robot y dos en la posterior) que harían mover a cuatro neumáticos, mientras que los otros dos restantes tendrían un movimiento libre, arrastrado por la fuerza de los motores.

La estructura mecánica presentó un peso aproximado de 20 kilogramos y las ruedas fueron de un radio de 11 centímetros. Tomando en cuenta que la carga de 20 kilogramos se estará distribuyendo entre 4 motores (omitiendo las 2 ruedas centrales del robot que no cuentan con motor) se obtienen 5 kilogramos por motor y dándole una tolerancia de +/- 3 kilogramos por los terrenos escabrosos se obtienen 8 kilogramos por motor, por lo que el torque que se busca es de 88 kilogramos por centímetro. De esta forma se comenzó a buscar motores que cumplieran con este torque, consiguiendo de esta manera los motores comerciales visualizados en la figura 6.



Figura 6 – Motores utilizados para mover la estructura móvil [2].

Los motores seleccionados tienen su aplicación en los carros para niños y presentan un alto torque, el cual era requerido para este fin. En las pruebas del proveedor se demostró que un par de motores son capaces de mover una carga de 20kg en una pendiente de 15°. Bajo estas condiciones, cada motor está desempeñando un torque de 150 kilogramos por centímetro considerando una rueda de 15 centímetros. Es importante destacar que el motor del que se habla es de 33,000 revoluciones por minuto y cuenta con una transmisión que desarrolla el torque antes mencionado y disminuye la cantidad de dichas revoluciones. Así, realizando una comparación con el torque calculado y el desempeñado por el motor seleccionado a una potencia media (150 kilogramos por centímetro); se decidió utilizar dichos motores. Los motores funcionan a 12 volts y consumen entre 20 y 45 watts dependiendo de la carga a la que se sometan. Esta información es relevante para la elección de la batería a utilizar tomando en cuenta que son 4 motores los que consumirán esta energía.

Una vez seleccionados los motores, fue necesario realizar un diseño por computadora para el acoplamiento que se requiere para unir cada eje del motor y los neumáticos a utilizar. El diseño final es el que se muestra en la figura 7.

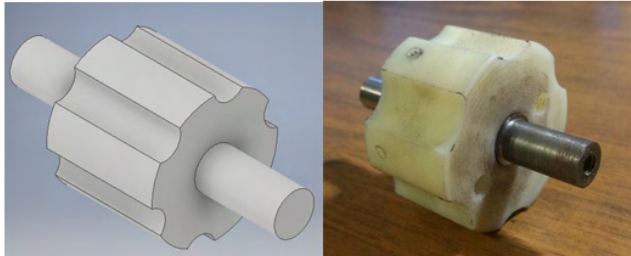


Figura 7 – Diseño de acoplamiento (izquierda) y acoplamiento real (derecha).

En los diagramas de la figura 8 se muestra a su vez las dimensiones del acoplamiento utilizado. El material empleado debía ser resistente, pero a la vez con un grado de maleabilidad debido a la forma que debía presentar. Para este fin, los acoplamientos utilizados para cada motor y su respectivo neumático fueron construidos de Nylamid. Este material es un polímero que presenta la propiedad de tener alta dureza y durabilidad.

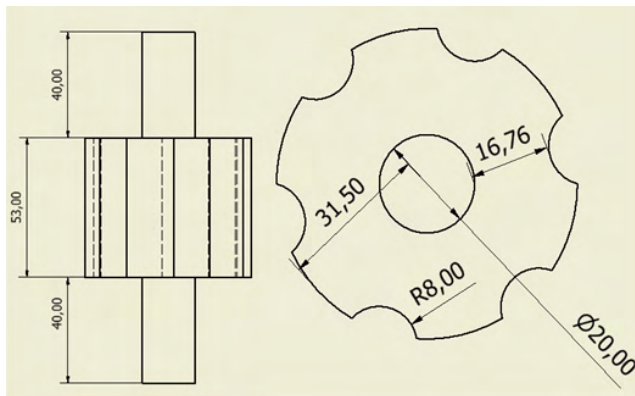


Figura 8 – Dimensiones del acoplamiento entre llantas y motores medido en milímetros.

Una vez seleccionados los motores y el material que conformaría a la estructura mecánica del sistema robótico, fue necesario comenzar a analizar a los módulos de potencia que se podían implementar.

c) Selección de los componentes de control

Para el control de giro de los motores se optó por una configuración de puente H con relevadores de potencia utilizados por los automóviles. Se decidió este tipo de relevadores

ya que se tiene contemplado que cada relevador deberá soportar 100 watts como mínimo ya que los motores estarán conectados en paralelo del lateral izquierdo, aquí como también del lateral derecho. Tomando en cuenta esta información y considerando que si cada uno consume su máximo de 45 watts estará demandándole 90 watts al relevado, además de que se toma en cuenta una tolerancia de +/-10%. Los relevadores soportan 40 amperes a 12 volts, equivalente a 480 watts de potencia

Al ya tener un arreglo para hacer el cambio de giro de los motores se decidió alimentar los comunes de los relevadores con un solo PWM que alimentaría a los cuatro motores. Ya teniendo la máxima potencia exigida para los motores (siendo aproximadamente 200 watts) el PWM que se decidiera adquirir debía cumplir con este requerimiento por lo que se optó por utilizar el XY-1260, el cual cuenta con un potenciómetro variador de ancho de pulso. Soporta una carga de 10 hasta 50 volts a 60 amperes, equivalente a 3000 watts. De esta manera se asegura un funcionamiento sin problema alguno.

d) Implementación del diseño final

En la figura 9 se puede observar el diseño final de la estructura mecánica construida. A su vez, puede observarse que ya ha sido acoplada con otros elementos para la prueba de movilidad utilizando masas externas.

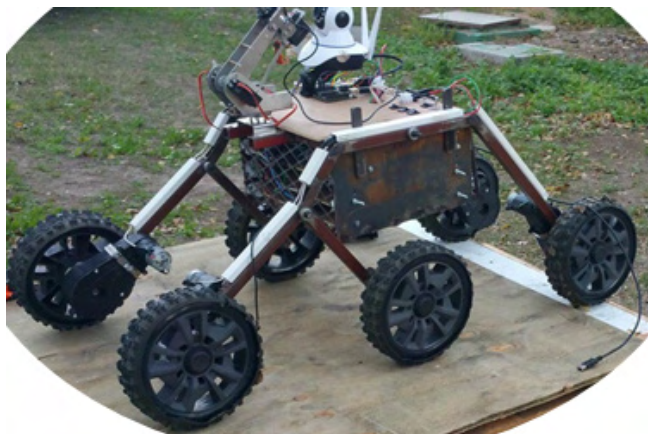


Figura 9 – Estructura móvil final.

En el diseño final, se puede observar a una estructura mecánica en forma de hexápodo, con dos escuadras de movimiento independiente y la presencia de una articulación en el lateral izquierdo del mismo, permitiendo el tercer grado de libertad de la estructura. Los neumáticos son a partir de los encontrados en las llantas para bicicleta, esta elección fue de gran importancia ya que le permite al robot presentar un mejor agarre a las superficies, en especial cuando la estructura mecánica está escalando. A su vez, se puede observar a los cuatro motores que lo conforman, incorporados a los eslabones de la

estructura mecánica por medio de sistemas de abrazaderas. Finalmente, dentro de la caja metálica que conforma al cuerpo de la estructura se pueden encontrar todos los módulos de potencia y control que hacen funcionar a todos los elementos pertenecientes a la estructura mecánica. Los componentes se colocan en tres niveles en forma de repisas, como se puede visualizar en la figura 10.



Figura 10 –Repisas para acomodar los componentes dentro de la caja de la estructura.

5 | RESULTADOS

La forma de analizar los resultados de la presente implementación consistió en la realización de pruebas de movilidad de la estructura a través de diversos tipos de terrenos, como lo son la tierra, escombros, madera y concreto. A su vez, se analizó la forma en la que la estructura era capaz de adaptarse ante las diversas circunstancias o formas que el terreno podría presentar. Es necesario mencionar que el mando a distancia se realizó mediante un control de radio frecuencia, de esta forma, se desea cumplir que no exista ningún tipo de intervención humana que ayude al movimiento del robot a través del territorio sobre el que se desplaza. Como el propósito de la presente investigación se basó en el diseño de la estructura mecánica, los resultados analizados están en función de los tiempos y capacidades presentados por dicho mecanismo al momento de desplazarse.

Como se presentó en la figura 9, el diseño constó de básicamente seis extremidades con ruedas en cada una, permitiendo una mejor adaptabilidad según el tipo y forma del terreno. De esta manera se visualizó el comportamiento de la estructura en terrenos horizontales, inclinados a 30° y en escaleras, además de que estos podían ser escabrosos o de arena.

En la tabla II se pueden observar los tiempos tomados a partir de cinco pruebas realizadas en tres tipos de circunstancias. Todas las pruebas se realizaron en un terreno de área de 5 metros de largo por 1.2 metros de ancho. En dichas pruebas se midió el tiempo que tomaba al mecanismo desplazarse desde el inicio del largo de la pista, hasta su punto final. En todas las pruebas presentadas en la tabla II el terreno era horizontal y únicamente

cambiaba la consistencia de este. El primer tipo de terreno sobre el que fue probado el mecanismo consistió en terreno parejo y liso, de esta forma se podía partir de un análisis en función de tiempos y velocidad promedio del robot cuando este no realizaba un gran esfuerzo comparado a cuando se le exige uno mayor por el tipo de terreno. De esta forma, el segundo bloque de pruebas realizadas se llevó a cabo sobre un terreno escabroso, mientras que el tercer bloque de pruebas se llevó a cabo sobre un terreno arenoso. Los cinco tiempos medidos en las pruebas de los tres diferentes tipos de terrenos se pueden visualizar a continuación, así como también la velocidad promedio que presentó el robot al momento de desplazarse por los 5 metros.

PRUEBA 1. TERRENO LISO.	
Intento.	Tiempo del recorrido del robot (distancia de 5 metros horizontales).
1	8 segundos.
2	9 segundos.
3	7.5 segundos.
4	9 segundos.
5	8.5 segundos.
Tiempo promedio.	8.4 segundos.
Velocidad promedio.	0.59 m/seg.
PRUEBA 2. TERRENO ESCABROSO.	
Intento.	Tiempo del recorrido del robot (distancia de 5 metros horizontales).
1	9 segundos.
2	9 segundos.
3	10 segundos.
4	9 segundos.
5	10 segundos.
Tiempo promedio.	9.4 segundos.
Velocidad promedio.	0.53 m/seg.
PRUEBA 3. TERRENO ARENOSO.	
Intento.	Tiempo del recorrido del robot (distancia de 5 metros horizontales).
1	11 segundos.
2	9.5 segundos.
3	10 segundos.
4	11 segundos.
5	10 segundos.
Tiempo promedio.	10.3 segundos.
Velocidad promedio.	0.48 m/seg.

TABLA II - RESULTADOS DE PRUEBAS PARA MOVILIDAD DE ROBOT DE RESCATE.

En la tabla II se puede apreciar que el mecanismo es más veloz cuando se desplaza sobre superficies lisas ya que el robot no requiere de ningún esfuerzo para adaptarse o moverse. Sin embargo, cuando éste se mueve a través de otros tipos de terrenos (como el escabroso o arenoso), el esfuerzo es mayor, aunque no se ve reflejado de manera importante en su velocidad, la cual, en las pruebas de desplazamiento horizontal solamente representó una disminución del 10.17% y 18.64% (para las pruebas 2 y 3 respectivamente) en comparación con la velocidad que presenta en terrenos lisos. Sin embargo, aunque la velocidad promedio que presentó el mecanismo en las pruebas realizadas es considerablemente buena, lo que se deseó visualizar es que el robot pudiera desplazarse sin mayores dificultades sobre este tipo de terrenos, así como también que presentara un adecuado funcionamiento cuando este se adaptaba a la forma del terreno.

Por otra parte, era necesario analizar la capacidad que presentaba la estructura mecánica para adaptarse y la manera en la que escalaba en pendientes, para este caso se realizó varias pruebas que consistían en subir escaleras. De esta manera se visualizó el comportamiento del mecanismo para pruebas como la mostrada en la figura 11. La escalera construida constó de 5 escalones. Cada escalón presentaba una altura de 16 centímetros y un paso de 25 centímetros. Así, la altura total que presentaba la escalera era de 80 centímetros. El propósito de esta prueba final era el observar la manera en la que los tres grados de libertad en la estructura permitían al robot acomodarse mientras subía cada escalón, permitiéndole siempre mantener el equilibrio y alcanzar un agarre firme a la superficie. A su vez, este tipo de prueba permitió comprender si la potencia dada por los motores era la óptima para que el robot se desplazara por cualquier tipo de lugar.



Fig. 11 – Pruebas realizadas en escaleras.

Al igual que las tres pruebas anteriores (para desplazamiento horizontal), se presenta en la tabla III los tiempos medidos para cuando el robot logra subir por completo los cinco escalones.

PRUEBA. SUBIR ESCALERAS.	
Intento.	Tiempo del recorrido del robot (subir 5 escalones completos).
1	32.5 segundos.
2	29 segundos.
3	30 segundos.
4	35 segundos.
5	31.5 segundos.
Tiempo promedio.	31.6 segundos.

TABLA III - RESULTADOS DE PRUEBAS PARA MOVILIDAD DE ROBOT DE RESCATE EN ESCALERAS.

La estructura mecánica presentó resultados aceptables para cada una de las pruebas que se le hicieron y logró concluir cada una de ellas sin problema alguno. De esta manera y analizando los tiempos tomados por el robot para completar cada una de las trayectorias sugeridas, se pudo comprender la forma en la que disminuía o mejoraba la efectividad del sistema. A su vez, gracias a las pruebas descritas en el presente apartado, se pudo comprender que el diseño conceptual y la distribución de los grados de libertad presentes en el robot resultaron una muy buena idea para que el sistema tuviera un adecuado trabajo de desplazamiento y movilidad, sin importar el lugar donde se encontrara o la tarea que se deseara que realizara.

6 | CONCLUSIONES

La necesidad por construir sistemas robóticos asistenciales para los humanos ha ido en aumento. En el presente trabajo de investigación se pudo construir una estructura mecánica que fuera capaz de desplazarse por terrenos dispares y no estructurados, así como analizar su capacidad de respuesta. De esta forma, se pudo comprobar objetivamente la principal aplicación del robot construido: un sistema capaz de ingresar y desplazarse a través de zonas de desastre. También, entre los objetivos que el robot puede alcanzar se pudo observar un adecuado control, adaptación y movilidad. Para lograr los resultados presentados en el presente trabajo de investigación, se debe considerar que gran parte del éxito del mismo se debió a las pruebas preliminares de las ideas conceptuales que se tuvieron, así como la comparación de los prototipos construidos.

El presente proyecto pretende ser un punto de partida a la solución de una problemática de carácter social y cuyo impacto es de gran importancia. Tener sistemas que sean capaces de ayudar de manera eficiente ante situaciones de gran aleatoriedad y de alto riesgo es una meta que se deseó alcanzar a lo largo del trabajo de investigación. La estructura mecánica construida tiene el objetivo de asistir a un usuario para la recolección de información de una zona de desastre, para lo cual es imperativo que la movilidad de

la misma deba ser muy eficiente y capaz. El enfoque del actual trabajo de investigación consiste por tanto, en la implementación de sistemas que permitan a la estructura mecánica ir recaudando y enviando la información del lugar donde se encuentra.

REFERENCIAS

[1] Algarin Pinto, Rendón, Jesús. "Diseño e implementación de una estructura móvil capaz de moverse en terrenos dispares y subir escaleras con control teleoperado y autónomo". Reporte de residencias. Instituto Tecnológico de Nuevo Laredo, Diciembre 2017.

[2] Barrientos, Antonio; et al. "Fundamentos de Robótica". Editorial McGraw Hill.

[3] Sanguino, Tomás. "Robótica móvil. Principios, tendencias y aplicaciones: Cinemática, Filtro de Partículas, Inteligencia Artificial, Kinect, Mecatrónica, Robótica Móvil." Departamento de Ingeniería Electrónica, de Sistemas Informáticos y Automática, Universidad de Huelva, 2014.

[4] Aguilera Hdz. Martha I., "Reporte de resultados de actividades del Club de robótica Mecatrón 2017", Reporte Interno del Tecnológico de Nuevo Laredo, Diciembre 2017-2019.

[5] Siegwart Roland, Reza Nourbakhsh, Introduction to Autonomous Mobile Robots (Intelligent Robotics and Autonomous Agents), 2da. Edición, MIT 2011.

[6] Dudek G., Jenkin, "Computational Principles of Mobile Robotics", Cambridge University Press, 2000.

[7] Predko M., *Programming robot controllers*, Robot DNA Series. Mc. Graw Hill, 2003.

[8] Clark D., Owings M., *Building robot drive trains*, Robot DNA Series. Mc. Graw Hill, 2003.

[9] McComb G., *Constructing Robot Bases*, Robot DNA Series. Mc. Graw Hill, 2004.

[10] Aguilera Hdz; et al. "Evolución del diseño de un sistema de recolección de basura utilizando manufactura aditiva en un robot limpiador de playa", Revista de Ingeniería Tecnológica, Septiembre, 2019 Vol.3 No.11 23-28.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Academic performance 130, 142, 143
Aceites esenciales 1, 2, 5, 7, 20, 21
Acoplamiento molecular 1, 4, 11
Activación alcalina 55
Agua residual 110, 111, 115, 117, 120, 121

C

Catalytic pyrolysis 24, 25, 26, 28, 30, 31, 32
Chikungunya 1, 2, 3, 21, 22
Coagulación 110, 119
Compuestos cementosos 55
Concreto 53, 55, 61, 105, 145
Costos 80, 81, 82, 83, 117, 120, 121
Cultivo celular 3, 5, 6

E

Educational research 130
Eficiencia 51, 80, 81, 87, 88, 89
Electrocoagulación 110, 111, 112, 113, 115, 116, 117, 118, 121, 122
Estabilidad mecánica 92

F

Floculación 110, 119
Fundición 80, 81, 89, 90

G

Género 37, 38, 39, 40, 42, 44, 46, 48, 49, 52
Geología 62, 63, 64, 65, 67, 77, 79
Geomorfología 62, 63, 64, 65, 66, 69, 77, 78, 79
Geopolimerización 55, 56
Geopolímeros 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61
Grados de libertad 92, 94, 96, 100, 107, 108

I

Instrumento MBI 37, 45

L

Logistics models 123

M

Materiales alternativos 53

Mejora 80, 81, 89, 90, 130

Mercurio 110, 111, 115, 116, 117, 121, 122

MIPYMES 37, 38, 39, 40, 41, 42, 45, 46, 48, 49, 51, 52

Morfodinámica 62, 71, 72, 73

Multivariate statistics 123

N

Nivel de Burnout 37, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 48, 49

P

Performance improvement 123

Polymer 25, 26, 36

Polystyrene 24, 25, 26, 35, 36

Protocol formal description 130

R

Recycling 24, 25, 36

Reducción 4, 5, 6, 13, 62, 74, 75, 80, 81, 84, 112, 118

Regression models 123, 127, 131, 143

Rio Sinú 62, 65, 66, 67, 77, 78, 79

Robot de rescate 92, 93, 94, 96, 100, 101, 106, 108

S

Safety and Health Audits 123

Síndrome de Burnout 37, 39, 40, 42, 49

Sistemas mecánicos 92

Styrene 24, 25, 27, 30, 31, 35, 36

V

Virus 1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 19, 20, 21, 22

W

Waste 24, 25, 35, 36, 54

Workplace accidents 123, 129




Entre
CIENCIA
e
INGENIERIA
4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 



Entre

CIENCIA

e

INGENIERIA

4

www.atenaeditora.com.br 

contato@atenaeditora.com.br 

[@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora) 

www.facebook.com/atenaeditora.com.br 