

Guanajuato, Gto., 15 de julio de 2025

INFORME TÉCNICO

DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DE UN ROBOT MINERO

Alumno ITESG: Ari Emmanuel Ramírez Chávez

Responsable del proyecto: María Jesús Puy y Alquia

Resumen

El presente documento corresponde al informe técnico del diseño y selección de componentes para un robot minero. Esta etapa incluyó la conceptualización del diseño mecánico, la elección de sensores especializados y la integración de materiales resistentes a condiciones extremas. El objetivo principal fue asegurar la viabilidad del sistema en entornos subterráneos donde la visibilidad es limitada, la humedad es elevada y existen riesgos asociados a gases tóxicos y polvo en suspensión. La selección se basó en un análisis comparativo de tecnologías existentes, considerando factores como precisión, resistencia, eficiencia energética, disponibilidad comercial y compatibilidad con entornos de minería. El resultado es un diseño preliminar funcional y robusto que puede ser la base para un prototipo real escalable, con aplicaciones potenciales en exploración minera, vigilancia ambiental subterránea y tareas de rescate autónomo.

I. Introducción

Durante esta fase del proyecto se desarrolló el diseño preliminar y la evaluación técnica de materiales y componentes, analizando su funcionalidad, compatibilidad y resistencia a entornos adversos. La minería subterránea representa un entorno altamente demandante para sistemas móviles, donde factores como polvo, gases corrosivos, humedad y condiciones térmicas variables obligan a un diseño robusto y eficiente (Borenstein et al., 1996). Asimismo, se requieren sistemas autónomos que reduzcan la exposición humana a zonas de riesgo, lo que ha impulsado avances en robótica aplicada a la minería (Grisetti et al., 2010). Este informe parte de esa necesidad y se enfoca en diseñar una sonda móvil que integre sensores ambientales, módulos de movilidad todo terreno y un sistema de procesamiento adaptable. La comparación técnica entre componentes permitió optimizar la configuración del sistema, con base en tecnologías actuales y principios de diseño industrial (Siciliano et al., 2009).

II. Justificación del proyecto

El desarrollo de sistemas robóticos adaptados a entornos mineros responde a una necesidad crítica de la industria extractiva contemporánea: reducir la exposición humana a condiciones de riesgo y optimizar las labores de exploración y monitoreo en espacios confinados y peligrosos. Las minas subterráneas presentan desafíos extremos, tales como baja visibilidad, presencia de gases tóxicos, humedad elevada, acumulación de polvo fino y geometrías irregulares del terreno, que dificultan el acceso seguro del personal técnico.

Ante este contexto, el diseño de un robot minero capaz de operar de forma autónoma o semiautónoma permite no solo mejorar la eficiencia operativa, sino también prevenir accidentes y preservar la salud de los trabajadores. Además, la implementación de sensores especializados, tecnologías de mapeo tridimensional y encapsulados resistentes amplía las capacidades de diagnóstico ambiental en tiempo real.

El presente proyecto contribuye a esta línea de innovación al desarrollar un prototipo funcional que integre robustez mecánica, movilidad todo terreno, sensores ambientales y capacidad de navegación inteligente, sentando las bases para aplicaciones futuras en minería inteligente, inspección preventiva y sistemas de rescate automatizados.

III. Metodología

El desarrollo del proyecto se organizó en etapas secuenciales para estructurar el diseño técnico y funcional del sistema robótico.

Etapas:

1. Análisis del entorno: Se identificaron condiciones físicas como polvo, humedad, temperatura, iluminación y topografía, así como la presencia de gases comunes en minas de Guanajuato (CO_2 , CH_4 , H_2S).

2. Definición de requerimientos: Se establecieron características como autonomía, protección IP, sensores de gases y mapeo tridimensional, considerando dimensiones, energía y procesamiento.

3. Investigación tecnológica: Se revisaron sensores, LiDAR, unidades de procesamiento, motores y módulos de comunicación, comparando precisión, rango, consumo y costo.

4. Selección de componentes: Se eligieron sensores (K30, SEN0377), LiDAR (Ouster OS2), procesador, tracción y encapsulados IP67 compatibles y robustos.

5. Diseño preliminar: Se desarrollaron bosquejos y planos con configuración mecánica de orugas trapezoidales y estructura modular.

6. Documentación técnica: Se registraron las características y funciones de cada componente en el informe final técnico.

IV. Selección de componentes

Componente	Características técnicas	Justificación de selección
Motor DC con reductora	12 V, torque medio-alto, eje 6 mm, reductora 1:30	Proporciona tracción en terreno irregular. Compatible con orugas y acoplamientos estándar.
Orugas trapezoidales	20×10×15×10 cm, caucho reforzado, superficie antideslizante	Mejor tracción en túneles con piedras sueltas y pendientes.
Acoplamientos/coples	Flexibles, eje de 6 mm, aluminio/acero	Absorben vibraciones y facilitan la alineación del sistema de tracción.
Estructura de aluminio 6061-T6	Ligero, resistente a la corrosión, soldable, mecanizable	Óptimo para estructuras en ambientes húmedos y polvorrientos.
Carcasa IP67	Aislante de agua y polvo, ventilación pasiva	Protege los componentes internos, permitiendo disipación térmica.
LIDAR Ouster OS2	360°, 200 m de alcance, resolución de 128 canales	Alta precisión para mapeo 3D en túneles con baja visibilidad.

IMU MPU-9250	Acelerómetro, giroscopio, magnetómetro de 9 ejes	Complementa al LiDAR en navegación y estabilización.
Sensor SEN0377	CO ₂ NDIR, rango 0– 5000 ppm	Bajo consumo, alta precisión. Detecta concentraciones críticas de CO ₂ .
Sensor K30	CO ₂ NDIR, hasta 10 000 ppm	Validación cruzada del SEN0377; respaldo de seguridad.
Módulo multigás MQ/MiCS	CH ₄ , CO, H ₂ S, NH ₃ , O ₂	Integración compacta de detección de gases críticos en minas.

V. Diseño

1. **Sistema de tracción:** se basa en orugas trapezoidales para optimizar el agarre sobre superficies irregulares con presencia de grava suelta, asegurando estabilidad y avance constante (Figura a).
2. **Carcasa:** fue diseñada con aleación de aluminio 5083, elegida por su resistencia a la corrosión, peso reducido y capacidad estructural (Figura b).
3. **Componentes internos:** serán encapsulados para protegerlos contra la humedad y el polvo, garantizando su durabilidad y operación continua (Figura c).

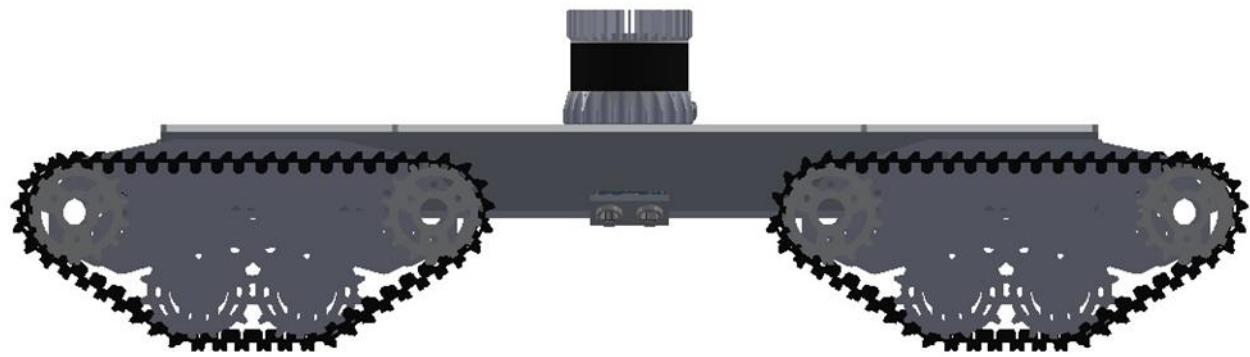


Figura a. Parte lateral del robot minero mostrando las orugas trapezoidales

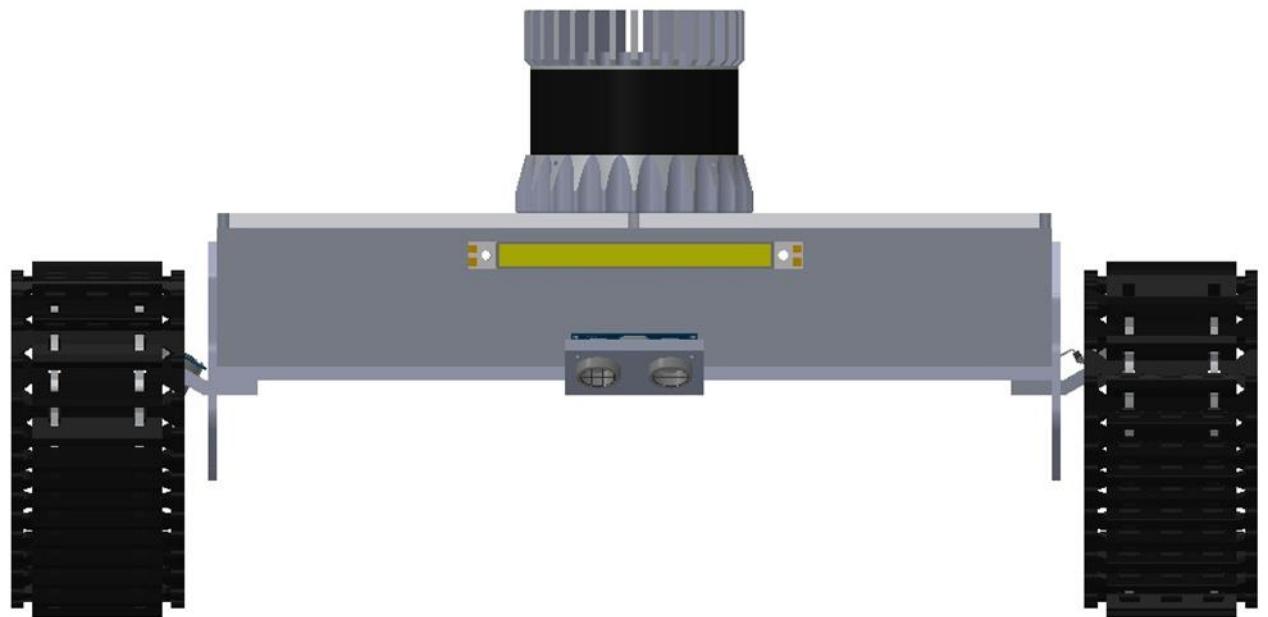


Figura b. Parte de enfrente del robot minero, carcasa con aleación de aluminio 5083

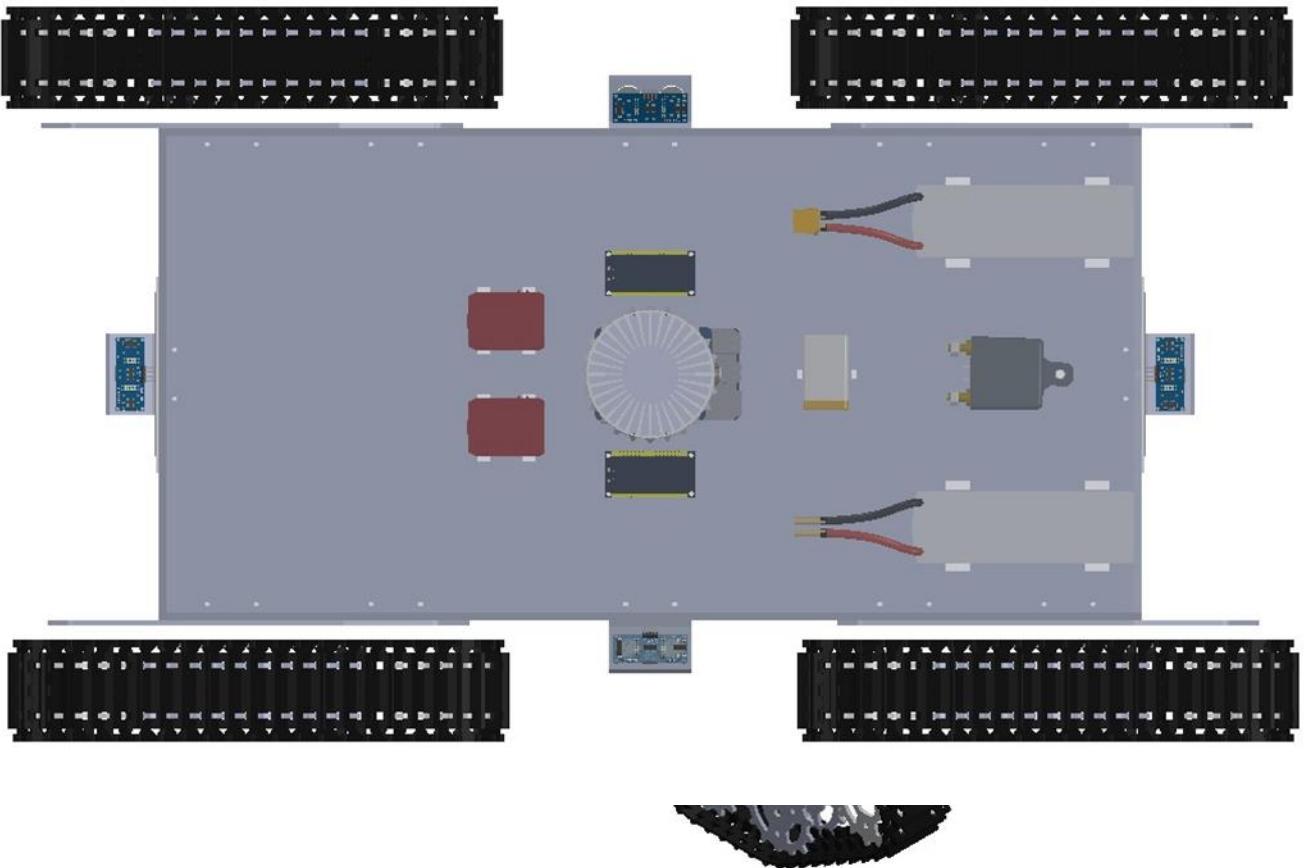


Figura c. Parte superior del robot minero, componentes internos encapsulados

VI. Referencias

- Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., & Oriolo, G. (2009). *Robotics: Modelling, Planning and Control*. Springer.
- Borenstein, J., Everett, H. R., & Feng, L. (1996). *Navigating Mobile Robots: Systems and Techniques*. A.K. Peters.
- Grisetti, G., Kümmerle, R., Stachniss, C., & Burgard, W. (2010). A Tutorial on Graph-Based SLAM. *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 2(4), 31–43.
- DFRobot. “SEN0377 Multi Gas Sensor.” [Online]. Available: <https://www.dfrobot.com/product-1830.html>
- NVIDIA. “Jetson Nano Developer Kit.” [Online]. Available: <https://developer.nvidia.com/embedded/jetson-nano-developer-kit>

- Espressif Systems. “ESP-MESH Networking Protocol.” [Online]. Available: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-guides/mesh.html>
- Emadi, A. (2018). Energy-Efficient Electric Motors (3rd ed.). CRC Press.