**Proyecto: Desarrollo de robot cuadrúpedo para el análisis de riesgos en minería**

**Descripción del proyecto**

El proyecto consiste en el desarrollo de un robot cuadrúpedo destinado a mejorar la seguridad en la industria minera al explorar áreas peligrosas e inaccesibles para los trabajadores humanos, como túneles estrechos, zonas con gases tóxicos o riesgo de colapso. La implementación en hardware implicará la construcción de un chasis ligero capaz de soportar las condiciones ambientales propias de la mina y que tenga un grado de protección IP ante polvo y agua, pero lo suficientemente ligero para no impedir movimientos ágiles del robot por su entorno. Este robot estará equipado con una suite de sensores exteroceptivos y propioceptivos que le permitirá estimar de manera robusta su estado actual y el de su entorno en tiempo real. Para este fin, se desarrollará el software de la plataforma utilizando un enfoque modular inalámbrico basado en ROS2, con simulaciones en Gazebo y Rviz para validar el sistema antes de desplegarlo y permitir desarrollo continuo de sus subcomponentes. Posteriormente, será desplegado en la supercomputadora de Inteligencia Artificial llamada Jetson Orin Nano – Nvidia. En cuanto a la gestión energética, se diseñarán baterías eficientes, con buena durabilidad y factor de forma optimizado para asegurar lograr un mayor tiempo de uso sin recargar y extender el tiempo de vida de las baterías durante el momento de operación.

Se abordarán cuatro aspectos clave durante el desarrollo del software: percepción, planificación, comunicación y control. Los algoritmos avanzados de percepción permitirán al robot interpretar la transmisión de video y detectar en tiempo real elementos usando sus sensores exteroceptivos, proporcionando información acerca de los cambios topográficos y anomalías geológicas en áreas que presenten grietas o fisuras. Se desarrollarán algoritmos de planificación de trayectorias para garantizar un movimiento seguro y eficiente, evitando colisiones y obstáculos en la mayoría de los casos. Se establecerán sistemas resilientes de comunicación para la interacción con operadores humanos a distancia de manera segura en entornos denegados, facilitando la supervisión remota y la transmisión de datos en tiempo real. Además, se implementarán algoritmos de control modernos para garantizar una locomoción fluida y estable del robot en diversos terrenos y condiciones operativas. Cabe resaltar que, en estas condiciones, los robots a ruedas y drones tienen una operatividad limitada, por lo que este proyecto ofrece una prueba de concepto que pretende ser validada en los entornos competentes y, en el futuro, poder ser incluido durante las actividades diarias en una operación minera. Es decir, se espera que el robot sea programado para realizar inspecciones regulares de manera autónoma de la infraestructura minera, permitiendo la detección temprana de problemas de seguridad o mantenimiento y contribuyendo así a una actividad minera más tecnológica y segura en el Perú.

**Metodología y enfoque**

Para este proyecto de usará la metodología VDI-2206 en el análisis y desarrollo del sistema mecatrónico. Esta metodología se centra en el enfoque sistemático y estructurado para el desarrollo de sistemas complejos, como robots, garantizando la satisfacción de los requisitos y la gestión eficiente de riesgos.

**1. Definición de objetivos y requisitos**

En esta etapa, se establecerán los objetivos del proyecto y se identificarán los requisitos del sistema en términos de funcionalidad, rendimiento y seguridad, así como los alcances que se esperan al terminar el proyecto. Se involucrarán a todas las partes interesadas relevantes, incluidos profesionales involucrados en la minería para garantizar una comprensión clara sobre las problemáticas reales en el sector.

**2. Análisis de sistemas**

Se realizará un análisis exhaustivo de los robots cuadrúpedos existentes como el ANYmal de ANYbotics AG, el Spot de Boston Dynamics o los X20 y X30 de Deep Robotics siendo cada una de estas marcas reconocidas en la fabricación de robots cuadrúpedos en cada uno de sus continentes aplicando su tecnología en sectores como el que se está abordando y afines, también se estudiarán las tecnologías disponibles relacionadas con la robótica y la seguridad minera. Esto incluirá la evaluación de componentes como sensores LiDAR, cámaras de profundidad, sensores de gas y plataformas de procesamiento de datos como Jetson Orin Nano, y software como ROS2 y Gazebo.

**3. Conceptualización y diseño preliminar**

Basándose en los requisitos definidos, se desarrollarán conceptos de diseño preliminares para el robot cuadrúpedo que se actualizarán en base a pruebas a lo largo del proyecto. Se considerarán aspectos como la locomoción, la percepción del entorno, la comunicación y el control.

**4. Diseño detallado**

Se llevará a cabo el diseño detallado del robot, teniendo en cuenta aspectos mecánicos, electrónicos, de software de comunicación, control y percepción. Se realizarán análisis de tolerancia a fallos y se diseñarán sistemas de redundancia para garantizar la fiabilidad operativa en entornos mineros exigentes.

**5. Implementación y pruebas**

Se construirá el robot cuadrúpedo y se implementará el software asociado. Se realizarán pruebas incrementales como metodología, esto implica desglosar en módulos individuales el desarrollo del proyecto y probarlos de forma aislada e integrarlos por etapas. Esto para detectar defectos en una fase temprana, reducir la complejidad y aumentar la cobertura de las pruebas. El objetivo es cumplir con los requerimientos técnicos y de seguridad.

**6. Validación y verificación**

Se harán pruebas en entornos mineros o en su defecto agrestes para validar el desempeño del robot en condiciones reales, cabe recalcar que esta sería la última fase de todas las del proyecto, y que estas fases serán estructuradas de tal manera que se pueda probar el concepto planteado. En esta fase se recopilarán datos y se realizará una evaluación detallada del cumplimiento de los objetivos planteados en la primera parte, requisitos para solucionar las problemáticas investigadas y las normativas de seguridad.

**7. Operación**

Se escribirá un manual con información para los operadores del robot basada en funcionalidades validadas a lo largo del proyecto para garantizar una operación correcta y segura.