

UNIVERSIDAD DE CALDAS

VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIONES Y POSGRADOS DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES

Convocatoria: FINANCIACIÓN DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN PARA SEMILLEROS

- **Profesor coordinador:** Marcelo Herrera González
Código Orcid: 0000-0001-7641-8401

Semillero de investigación en robótica aplicada (SiRap)

Título: SISTEMA COMPUTACIONAL PARA VALIDAR EL CUIDADO AMBIENTAL
SUSCRITO EN UN CONTRATO MINERO

Tipo de Investigación: Investigación Aplicada

1. Resumen Ejecutivo

El presente proyecto brindará un mecanismo tanto al titular minero como a los entes territoriales encargados de supervisar y verificar el cumplimiento de los requisitos legales y medioambientales de una zona minera, de esta forma se podrá almacenar un registro fotográfico, el cual permitirá establecer de manera clara el “antes, durante y después” del estado del título minero en cuanto al estado de la superficie otorgada al titular minero, y a través de la toma de variables ambientales con los respectivos sensores, validar el estado de deforestación, calidad del agua, aire.

Una vez se cuente con el registro fotográfico, el sistema de forma autónoma indicará qué zonas han sido impactadas por la minería a cielo abierto, a través de herramientas de visión artificial, geolocalización y análisis de sensorica medioambiental. Se buscará la adecuación de un dron, que facilitará la vigilancia sobre el cumplimiento de los requisitos legales y ambientales, dicho prototipo tendrá como fin el cuidado del medio ambiente y supervisar la realización de las actividades mineras dentro del área otorgada en el contrato de concesión minera, asimismo vigilar el proceso minero en Colombia en todas sus etapas, evidenciando de manera temprana posibles daños ambientales, así como la afectación a los ecosistemas y la deforestación por el proceso minero, mediante la recolección de información confiable y oportuna.

2. Palabras clave:

Sensores ambientales, Minería, Geolocalización, Contrato del título minero, Sistema de información, Reconocimiento de imágenes, Visión artificial, Toma de variables ambientales.

3. Objetivos

a. Objetivo general

Desarrollar un dispositivo (prototipo) para vigilar el cumplimiento de requisitos legales y ambientales en un título minero usando geolocalización, visión artificial y análisis de sensórica de variables ambientales.

b. Objetivos específicos

- Diseñar e implementar un sistema de visión artificial, utilizando redes neuronales y reconocimiento de imágenes con el fin de identificar zonas con deforestación.
- Monitorizar mediante el uso de sensórica ambiental, el manejo adecuado por parte de los intervinientes en el proceso minero, el cual se encuentra definido dentro de la licencia ambiental otorgada por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
- Desarrollar un sistema de información para comparar imágenes del antes y después de la concesión del título minero, con el fin de establecer si existe o no daño ambiental.
- Generar un polígono con las coordenadas obtenidas mediante el uso de herramientas de geolocalización como GPS o GLONASS, el cual permita establecer si el titular se encuentra desarrollando actividades mineras dentro del polígono otorgado y definido en el Catastro Minero Colombiano, de conformidad con los Datos Geodésicos Oficiales establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

4. Pregunta de investigación

¿Cómo agilizar y facilitar los diferentes procesos de fiscalización minera y control ambiental a través de un sistema computacional?

5. Marco teórico

Geo-localización: Los Servicios Basados en la Localización (LBS), también llamados geo-localización es una tecnología mediante la cual un grupo de sensores estiman la ubicación usando transmisores que transmiten la posición (coordenadas) a través de radiofrecuencia A. S. King (2013).

Visión artificial: Es un área de la inteligencia artificial que busca programar un computador para que pueda obtener características de una imagen. Esta información es usada para tomar decisiones, analizar o controlar un proceso G. Benavides (2017).

Sensórica: Son las tecnologías relacionadas con la selección, uso, calibración, configuración y optimización de los sensores y que permiten adquirir la información de las magnitudes físicas de procesos de la forma más óptima y precisa posible C. B. M. Ríos (s,f).

A continuación se citan algunas normas, artículos o decretos que legislan acerca de la explotación minera, el otorgamiento de títulos y el control ambiental en el país:

- Artículo 35 de la Ley 685 de 2001: Establece los requisitos contenidos en el contrato de concesión minera en lo respectivo al uso de zonas mineras en el país.
- Artículos 65 y 69 del Código de Minas: Establecimiento de los polígonos contenidos en la red geodésica nacional, según lo estipulado en los:

(...) “Artículo 65: El área para explorar y explotar terrenos de cualquier clase y ubicación con exclusión del cauce de las corrientes de agua, estará delimitada por un polígono de cualquier forma y orientación delimitado con referencia a la red geodésica nacional. Dicha área tendrá una extensión máxima de diez mil (10.000) hectáreas.” (...)

(...) “Artículo 69: El área del contrato de concesión se otorga por linderos y no por cabida. En consecuencia, el concesionario no tendrá derecho a reclamo alguno en caso de que la extensión real contenida en dichos linderos resulte inferior a la mencionada en el contrato. La autoridad concedente, de oficio y en cualquier tiempo, podrá ordenar, previa comprobación sobre el terreno y mediante resolución motivada, la rectificación o aclaración de los linderos si advirtiere errores o imprecisiones en los mismos.” (...)

- Artículo 82 del código de Minas:(...)

“Al finalizar el período de exploración se deberá presentar la delimitación definitiva de la zona del área contratada que va a quedar vinculada a los trabajos y obras de explotación, más las obras estrictamente necesarias para el beneficio, transporte interno, servicios de apoyo y obras de carácter ambiental para lo cual se deberán tener en cuenta los valores, ubicación y cálculo de las reservas existentes al igual que la producción esperada indicados en el Plan de Trabajos y Obras de explotación elaborado de acuerdo con el artículo 84 de este Código. Con oportunidad de esta delimitación, el concesionario estará obligado a devolver, en lotes contiguos o discontinuos, las partes del área que no serán ocupadas por los trabajos y obras mencionados. El área retenida deberá estar constituida por una extensión continua.

- Artículo 85 de la ley 685 de 2001:

“Las obras de recuperación geomorfológica, paisajística y forestal del ecosistema alterado serán ejecutados por profesionales afines a cada una de estas labores. Dicha licencia con las restricciones y condicionamientos que imponga al concesionario, formarán parte de sus obligaciones contractuales.” (...),

- Artículo 198 del Código de minas :

Establece que los medio e instrumentos para la vigilancia de las labores mineras serán los establecidos en la normatividad ambiental vigente es decir: Planes de Manejo Ambiental, Estudio de Impacto Ambiental, Licencia Ambiental, permisos o concesiones para la utilización de recursos naturales renovables, Guías Ambientales y autorizaciones en los casos en que tales instrumentos sean exigibles.

- Estudio de impacto ambiental: artículo 204:

Con el Programa de Obras y Trabajos Mineros que resultare de la exploración, el interesado presentará, el Estudio de Impacto Ambiental de su proyecto minero. Este estudio contendrá los elementos, informaciones, datos y recomendaciones que se requieran para describir y caracterizar el medio físico, social y económico del lugar o región de las obras y trabajos de explotación; los impactos de dichas obras y trabajos con su correspondiente evaluación; los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de esos impactos; las medidas específicas que se aplicarán para el abandono y cierre de los frentes de trabajo y su plan de manejo; las inversiones necesarias y los sistemas de seguimiento de las mencionadas medidas.

- Artículo 272 de ley 685 de 2001:

El interesado en adelantar un proyecto de explotación minera deberá cumplir con lo establecido en el plan de manejo ambiental y las guías ambientales, en caso de que la actividad minera requiera la utilización o el aprovechamiento de recursos naturales renovables.

- Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, mediante el cual se reglamentó el Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Zonas de uso sostenible: Que Incluye los espacios para adelantar actividades productivas y extractivas compatibles con el objetivo de conservación del área protegida.

Área de influencia: Área en la cual se manifiestan de manera objetiva y en lo posible cuantificable, los impactos ambientales significativos ocasionados por la ejecución de un proyecto, obra o actividad, sobre los medios abiótico, biótico y socioeconómico, en cada uno de los componentes de dichos medios. Debido a que las áreas de los impactos pueden variar dependiendo del componente que se analice, el área de influencia podrá corresponder a varios polígonos distintos que se entrecrucen entre sí.

Funciones del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Corresponde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, dentro de la órbita de sus competencias, en relación con la calidad y el control a la contaminación del aire:

- a) Definir la política nacional de prevención y control de la contaminación del aire;
- b) Fijar la norma nacional de calidad del aire;
- c) Establecer las normas ambientales mínimas y los estándares de emisiones máximas permisibles, provenientes de toda clase de fuentes contaminantes del aire;
- d) Dictar medidas para restringir la emisión a la atmósfera de sustancias contaminantes y para restablecer el medio ambiente deteriorado por dichas emisiones;
- e) Definir, modificar o ampliar, la lista de sustancias contaminantes del aire de uso restringido o prohibido;
- f) **Declarar, en defecto de la autoridad ambiental competente en el área afectada, los niveles de prevención, alerta y emergencia y adoptar las medidas que en tal caso correspondan:**
- g) Fijar los estándares, tanto de emisión de ruido, como de ruido ambiental;
- h) Fijar normas para la prevención y el control de la contaminación del aire por aspersión aérea o manual de agroquímicos, por quemas abiertas controladas en zonas agrícolas o la ocasionada por cualquier actividad agropecuaria;
- i) Establecer las densidades y características mínimas de las zonas verdes zonas arborizadas y zonas de vegetación protectora y ornamental que en relación con la densidad poblacional, deban observarse en los desarrollos y construcciones que se adelanten en áreas urbanas;

- j) Establecer las normas de prevención y control de la contaminación atmosférica proveniente de actividades mineras, industriales y de transporte, y, en general, de la ocasionada por toda actividad o servicio, público o privado;*
- k) Definir y regular los métodos de observación y seguimiento constante, medición, evaluación y control de los fenómenos de contaminación del aire así como los programas nacionales necesarios para la prevención y el control del deterioro de la calidad del aire;*
- l) Homologar los instrumentos de medición y definir la periodicidad y los procedimientos técnicos de evaluación de la contaminación del aire, que utilicen las autoridades ambientales; ...**

6. Metodología

La metodología general del proyecto se fundamenta en un modelo basado en las fases de investigación de ingeniería: levantamiento de requerimientos, análisis y diseño, implementación de un prototipo y pruebas.

- a. Levantamiento de requerimientos:** Revisar estado del arte de legislación minera, fiscalización y control ambiental en el país, Instrumentación para calidad del aire y composición de los suelos, geolocalización, reglamentación uso de drones, compensación forestal. De acuerdo a estas condiciones definir las necesidades, retos y especificaciones del dispositivo.
- b. Análisis y diseño del sistema automatizado:** Analizar calidad y condiciones de la captura de imágenes desde el dron, así como la precisión en la geolocalización del GPS desde el mismo vehículo robótico. Establecer todas las condiciones y parámetros que se medirán para establecer las condiciones de calidad de aire y de los suelos. Establecer los requerimientos del sistema de información y comunicaciones inalámbricas para el registro y trazabilidad del impacto ambiental.
- c. Implementación del prototipo de captura de imágenes:** Con los materiales solicitados en la convocatoria y los materiales existentes en la Facultad de Ingeniería y el posible apoyo del centro de ciencias Francisco José de Caldas (Impresora 3D) se adaptará el dron para la captura de imágenes y la adquisición de las coordenadas para la geolocalización. Se implementará el sistema de instrumentación para la adquisición de variables ambientales y su transmisión al sistema de información que almacenará: coordenadas de los polígonos, partículas de aire y variables de composición del suelo, imágenes de la mina a cielo abierto. La implementación del software (sistemas embebidos, y sistema de información) se hará utilizando metodologías ágiles para hacer cambios de acuerdo a cada nueva fase de desarrollo (ICONIX embed).
- d. Validación y pruebas del prototipo:** Además de las pruebas que se harán periódicamente para verificar el funcionamiento parcial y total del dispositivo, se espera realizar también una prueba piloto en las instalaciones de la Universidad de Caldas (Jardín Botánico) para registrar las variables medidas en el sistema de información. También se debe realizar una validación de la geolocalización de los polígonos capturados con GPS en tierra y la información obtenida por el dron.

7. Resultados esperados

Resultado	Descripción	Indicador de logro
Generación de nuevo conocimiento	Dispositivo computacional para verificar el cumplimiento de los requisitos del contrato de concesión minera en lo respectivo al cuidado ambiental.	1 prototipo de dispositivo 1 posible trámite de patente en Universidad de Caldas
Fortalecimiento de la comunidad académica del programa de Ingeniería de Sistemas y Computación.	Formación de investigadores	Formación de estudiantes: fortalecer el semillero de investigación en robótica aplicada SiRap
Apropiación social del conocimiento	Presentación de los resultados	Presentar un artículo científico derivado de la investigación ante una revista indexada u homologada por Colciencias. Participación con ponencia presentando resultados preliminares y/o finales en eventos científicos regionales o nacionales.

8. Descripción del aporte a la línea de investigación del Grupo de Investigación con el cual se articula el semillero

Este proyecto fortalecerá la línea de Ingeniería en Sistemas y Computación del Grupo de Investigación "GRUCALPRO" ya que la percepción robótica, la geolocalización, análisis de sensorica, uso de herramientas de visión artificial y redes neuronales están directamente ligadas a la inteligencia computacional y permitirá una innovación en la trazabilidad minera utilizando herramientas tecnológicas como los sistemas robóticos y la visión artificial.

9. Referencias bibliográficas

A. S. King, "Development of a Model and Localization Algorithm for Received Signal Strength-Based Geolocation," 2013.

G. Benavides, "Visión Artificial: la innovación disruptiva en la educación," 2017.

C. B. M. Ríos, "Sistema automatizado de mantenimiento de máquinas rotatorias basado en el monitoreo de sus condiciones, Universidad Mayor de San Andrés.

Yadav DK, Jayanthu S, Das SK, Chinara S, Mishra P. Critical review on slope monitoring systems with a vision of unifying WSN and IoT. IET Wirel SENS Syst. agosto de 2019;9(4):167-80.

Modarres C, Astorga N, Lopez Droguett E, Meruane V. Convolutional neural networks for automated damage recognition and damage type identification. Struct Control Health Monit. octubre de 2018;25(10):e2230.

Beyaz A, Ozturk R. Identification of olive cultivars using image processing techniques. Turk J Agric For. 2016;40(5):671-83.

Huang L, Li J, Hao H, Li X. Micro-seismic event detection and location in underground mines by using Convolutional Neural Networks (CNN) and deep learning. Tunn Undergr Space Technol. noviembre de 2018;81:265

10. Datos de los estudiantes:

- a. Lucas Bohórquez Naranjo.
 - i. Cédula: 75.099.477.
 - ii. Correo Electrónico: lucas.1701716343@ucaldas.edu.co.
 - iii. Celular: 301 612 0490.
- b. Juan Pablo Castaño Tinoco
 - i. Cédula: 1053873868
 - ii. Correo Electrónico: juan.1701716215@ucaldas.edu.co
 - iii. Celular: 3136367416
- c. Juan Sebastián Gómez Giraldo
 - i. Cédula: 1053871410
 - ii. Correo Electrónico: juan.1701712251@ucaldas.edu.co
 - iii. Celular: 3184208678

d. Juan Sebastian Mejia Tabares.

i. Cédula: 1002857639.

ii. Correo Electrónico: juan.1701715778@ucaldas.edu.co.

iii. Celular: 3215444636.

Anexo 1: Perfiles en google académico

Marcelo Herrera González



Marcelo Herrera González

Universidad de Caldas

Dirección de correo verificada de ucaldas.edu.co

SEGUIR

TÍTULO	CITADO POR	AÑO
<input type="checkbox"/> Knee functional state classification using surface electromyographic and goniometric signals by means of artificial neural networks M Herrera-González, GA Martínez-Hernández, JL Rodríguez-Sotelo, ... Ingeniería y Universidad 19 (1), 51-66	4	2015
<input type="checkbox"/> Alineamiento de secuencias bioinformáticas en una arquitectura GRID S Orozco-Arias, M Herrera-González, L Soto-Agudelo, G Isaza-Echeverry Revista GTI 15 (43), 37-45		2016
<input type="checkbox"/> Prototipo para el control de acceso a recintos por medio de tecnología inalámbrica ZigBee [Prototype for access control to enclosures through ZigBee wireless technology] AZ Rodríguez, CAR Villa, MH González, SMG Poveda, MB Alzate Ventana Informática		2015
<input type="checkbox"/> Identificación de normalidad y anomalía en la rodilla utilizando señales EMG M Herrera González, GA Martínez Herrera, OF Aviles Sánchez, ...		2014

Artículos 1-4 [▼ MOSTRAR MÁS](#)

Citado por

	Total	Desde 2013
Citas	4	4
Índice h	1	1
Índice i10	0	0



Coautores

[EDITAR](#)

No existen coautores.

Marcelo Herrera González

Profesor Responsable

marcelo.herrera@ucaldas.edu.co

CC 75086953

Cel. 300 6171655