



INVESTIGACIÓN PREVIA PARA EL DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE ROBOT EXPLORADOR PARA LA DETECCIÓN DE GASES EN AMBIENTES MINEROS BAJO TIERRA

Wilfred Fernando Valero Cárdenas

Instructor Programa Articulación, SENA Centro Minero Sogamoso Boyacá, wfvalero@misena.edu.co

Resumen

La implementación de herramientas tecnológicas para la investigación de ambientes desconocidos o peligrosos es una opción que se viene desarrollando cada día más, este tipo de herramienta permite el estudio de espacios potencialmente peligrosos sin exponer la integridad de su operador.

Se realizó la investigación para el diseño un prototipo de herramienta robótica para la exploración y diagnóstico de atmosferas mineras la cual permite efectuar un diagnóstico de gases siguiendo los protocolos establecidos por el ministerio de minas de la república de Colombia. Este prototipo se visiona como un robot explorador operado con un sistema de telemetría remota que permite obtener datos relacionados con la atmosfera en estudio, estado de las estructuras presentes en los frentes de explotación sin exponer la integridad de los trabajadores inmersos en la labor de explotación, también este robot se puede convertir en una herramienta de rescate y salvamento minero, ya que proporciona información vital para el acceso de las brigadas de rescate en minas con presencia de incidentes mineros.

Palabras clave

Explorador minero, Detección de Gases, Robot explorador, Navegación Robótica, vehículo teledirigido.

1 Introducción

En los últimos 13 años la incidencia de accidentes mineros en Colombia ha cobrado 1320 vidas humanas. Donde el 15% se le atribuyen a atmósferas viciadas¹ –(Agencia Nacional de Minería - Grupo de Seguridad y Salvamento Minero 2018, 2018), creando la necesidad de diseñar estrategias y herramientas que permitan un diagnóstico efectivo de los espacios de trabajo donde se desarrolla la actividad minera.

El crecimiento de explotación minera en el departamento de Boyacá se caracteriza por tener 55 poblaciones productoras que generan 3.1 millones de toneladas/año (Agencia

Nacional de Minería, 2017) pero también por ser uno de los departamentos con mayor índice de mortandad en actividades mineras con un promedio de 10 trabajadores muertos en actividades mineras al año –(Agencia Nacional de Minería - Grupo de Seguridad y Salvamento Minero 2018, 2018) situación que hace un llamado urgente a el desarrollo de estrategias que mitiguen esta problemática.

Hoy en día estamos llamados al perfeccionamiento de herramientas tecnológicas que faciliten y transformen los riesgos presentes en las actividades productivas industriales, el desarrollo de estas ha tomado un camino innovador donde los dispositivos de exploración remotamente tripulados “Drones” se abre un espacio importante en la exploración de ambientes desconocidos y peligrosos. Los orígenes de esta tecnología datan de la primera guerra mundial donde se contempló el diseño de aeronaves no tripuladas, el desarrollo de esta tecnología ha sido objeto de bastantes mejoras siendo hoy en día una de las pioneras en el campo de la exploración de ambientes desconocidos (Rejado et al., 2016). Las aplicaciones van desde la industria militar en el campo de desactivación de bombas, desminado y espionaje hasta el campo recreativo donde se utilizan para la realización de videos recreativos dándole a los vehículos remotamente tripulados una amplia gama de aplicaciones. En el campo de la geología son utilizados para la exploración de territorios, estudios geográficos y orográficos.

En el campo de la minera subterránea uno de los factores más importantes en el desarrollo de la explotación minera es un adecuado sistema de

¹ Evento o suceso repentino ocasionado por insuficiencia de oxígeno, concentración de gases fuera de límites permisibles, o acumulación de aire irrespirable.





ventilación, este permite el aprovisionamiento de los trabajos mineros con la suficiente cantidad de aire limpio donde el diagnóstico de atmósferas mineras se convierte en uno de los ejes fundamentales en la preservación de la vida de los trabajadores mineros, en el desarrollo de la presente investigación se pretende identificar los aspectos que intervienen en el estudio y diagnóstico de atmósferas mineras y así mismo estructurar las características necesarias para la creación de un robot explorador de atmósferas mineras dando paso al planteamiento de un diseño inicial para el desarrollo de esta herramienta robótica.

Con el desarrollo de este robot explorador se espera proveer una herramienta de diagnóstico de atmósferas mineras donde los trabajadores puedan diagnosticar efectivamente la atmosfera donde se desarrollaran actividades de explotación sin arriesgar la vida del personal que interviene en el trabajo.

2 Ventilación Minera

El objetivo general de la ventilación en minería subterránea es garantizar el flujo de aire necesario para que los trabajadores inmersos en la explotación tengan el aire necesario para desempeñar su labor.

2.1 Generalidades del Monitoreo de Gases en la Ventilación Minera.

Hoy en día hay grandes avances en la explotación minera bajo tierra. Van desde la implementación de redes de monitoreo en tiempo real comunicados por sistemas scada hasta sistemas de emergencia y rescate que dotan a cada trabajador con un dispositivo de comunicación. Estos sistemas se caracterizan por ser bidireccionales permitiendo establecer una comunicación constante con el frente monitoreado una de las características más relevantes es la implementación de redes wifi dentro de los frentes de explotación facilitando el monitoreo en tiempo real las labores de explotación, la implementación de estas redes facilita el tráfico de todo tipo de información entre el frente y las estaciones de mando. Estas tecnologías están presentes en las minas a gran

escala y más tecnificadas en el mundo donde EE.UU., China, Rusia y Australia son sus mejores exponentes.

A nivel nacional se han ido implementando paulatinamente sistemas de monitoreo en las minas más tecnificadas pero el costo de implementación y la tecnificación solo tiene un alcance del menor del 15% de la minería a nivel nacional (MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, 2013) el porcentaje restante sigue el monitoreo de gases de forma manual mediante el uso de multidetectores.

2.1.1 Sistemas de monitoreo en ventilación minera.

El monitoreo de los sistemas de ventilación son una herramienta fundamental en el desarrollo de la labor extractiva hoy en día se encuentra con una gran variedad de tecnologías que permiten tener una amplia gama de información relevante en el campo de análisis de atmósferas mineras estas se encuentran clasificadas así:

2.1.2 Monitoreo Convencional de Gases Explosivos en Minería

En la explotación minera actual el monitoreo de gases explosivos es muy escaso o simplemente no se realiza esto debido al alto porcentaje de minería ilegal con el que cuenta el país, sumado al mínimo control que se realiza por parte del estado esto conlleva a que las medidas sean omitidas por los propietarios de las minas, generalmente donde se realiza el monitoreo de gases, la periodicidad está determinada por el cambio de turno laboral, el cual se realiza cada 12 horas. El método es simple un operario recorre la mina llevando un multidetector de gases, el cual va registrando los niveles de los gases explosivos en caso de que alguno sobrepase el umbral este emite una alarma para alertar sobre la imposibilidad para trabajar, después de que el operario termina el recorrido se vuelve a la oficina de control para conectar el dispositivo a un computador que descarga el reporte del recorrido en una archivo en el que se tiene un historial de los niveles del gas en el tiempo (Echeverri, Cano, & Builes, 2012).



2.1.3 Tecnologías Inalámbricas Presentes en el Monitoreo de Ventilación:

Algunas de las tecnologías más conocidas inalámbricas son WIFI, Bluetooth, Wimax, Zigbee, NFC, GSM, cada una de ellas tiene diferentes condiciones y son implementadas para suplir las necesidades en diferentes aplicaciones. (Núñez, Peña, & Garzón, 2009)

Para esto se realiza una medición de los parámetros más relevantes mostrados en la figura 1, dentro de los cuales están contenidos aquellos que caracterizan a las redes inalámbricas por su rendimiento en su entorno desarrollado.

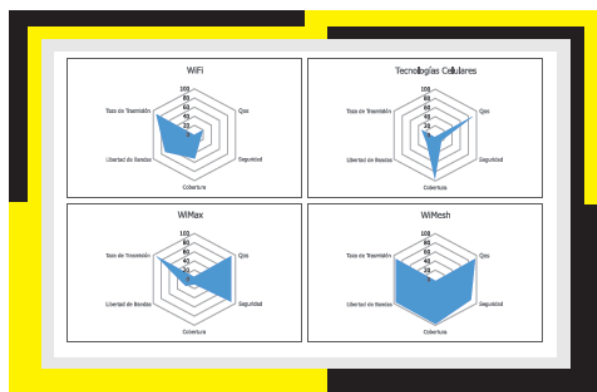


Figura 1. Principales Características de las Redes Inalámbricas

WIFI: Las tecnologías WIFI son en realidad una gran cantidad de protocolos, que cumplen con las condiciones del estándar IEEE 802.11, que permiten la transmisión de datos entre dispositivos conectados a la red, teniendo como restricciones las distancias que cubre la red. Fue inicialmente diseñada para la transmisión de datos entre computadores pero desde hace unos años se ha ido utilizando para la transmisión de datos por internet. Utilizando routers conectados vía cable que reciben la transacción de datos y los dispositivos finales se conectan de manera inalámbrica al sistema.

Bluetooth: Esta es una tecnología de comunicación inalámbrica de radio frecuencia que trabaja en la banda de 2.5 GHz, se caracteriza porque es de corto alcance y fue desarrollado para dispositivos personales tales como teléfonos celulares, PDA, portátiles, módems, entre otros, siempre y cuando su

distancia no supere los 10 m. Dependiendo de las locaciones en donde se realice la comunicación, su principal enfoque es la transferencia de datos y archivos lo cual depende de la ubicación donde se realice la comunicación. Una de sus principales características es que no se requiere que tenga línea de vista, ya que las ondas emitidas pueden atravesar objetos sólidos.

Wimax: La tecnología wimax corresponde al estándar 802.16, que básicamente es una red inalámbrica diseñada para la transmisión hasta de 70 Mbps con un cobertura de hasta de 50 km, podría llegar a conectar con miles de accesos a la internet, ya que tiene una gran ventaja de que no necesita de que haya línea de vista entre emisor y receptor, con lo que podría llegar a reemplazar al estándar 802.11 correspondiente a WIFI, pero aumentando sus costo de implementación.

Wimesh: Esta es una de las tecnologías que últimamente han revolucionado las comunicaciones inalámbricas. Este tipo de red ofrecen ventajas de acuerdo a su configuración, como lo son la redundancia de comunicación presente en la configuración, otra de las ventajas importantes sucede cuando se configuran en modo punto a punto (un único emisor y un 'único receptor), si el receptor no esta al alcance el sistema emite señales buscando posibles puentes entre nodos hasta llegar al destino de la información. Los Zigbee constituyen una de las tecnologías Wimesh.

2.1.3 Sistemas de Control y Monitoreo Centralizado

Estos sistemas se centran en el uso de un centro de control y monitoreo donde se concentra una red de sensores extendida a través de los frentes de explotación, su comunicación es alámbrica, normalmente se usa fibra óptica y protocolos de comunicación industrial para el transporte de la información suministrada por el sistema de censado permitiendo emitir alarmas y gestionar el sistema de ventilación. Estos sistemas están presentes en minas de gran escala dado su costo de implementación y estructura de funcionamiento.

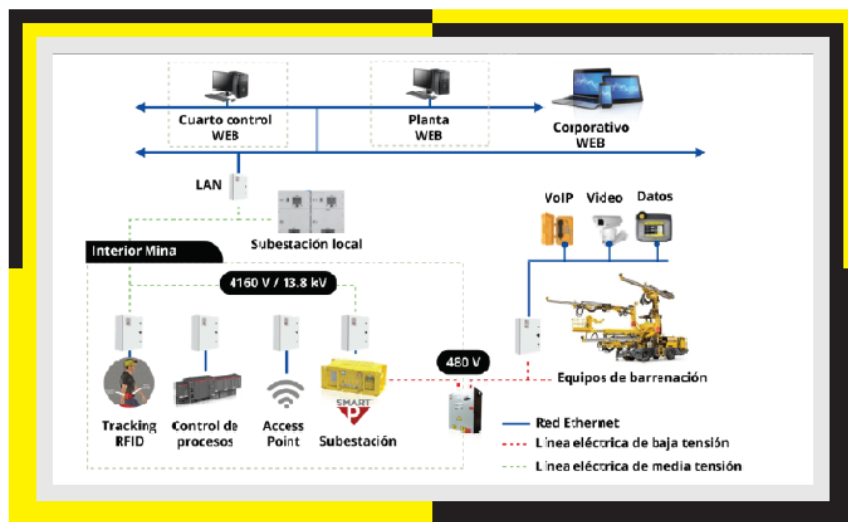


Figura 2. Topología de un sistema de monitoreo Centralizado

Fuente: <http://abcontrol.com.mx/site/?p=1242.1573.1249>

2.2 Gases Nocivos en Minería

La respiración de los seres humanos está compuesta por oxígeno en un 21%, nitrógeno en un 78% y dióxido de carbono en un 0.2% esta relación debe mantenerse para que haya una respiración celular. En algunos ambientes mineros se presenta la disminución de los porcentajes de aire, así como la presencia de gases tóxicos que provienen de la reacción de algunos materiales.

Dentro de un ambiente confinado se debe garantizar que el porcentaje de oxígeno no disminuya del 19%, ya que esto ocasiona la disminución de las capacidades motrices e incluso la muerte. Una de las características de las minas subterráneas es la presencia de gases tóxicos y la disminución de los porcentajes normales de aire, entre los gases más conocidos para la salud humana está el Metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), nitrógeno (N) (Julio Ramírez H, 2014)

2.2.1 Características de los Gases Presentes en Minería

2.2.1.1 Metano

El metano es un hidrocarburo CH_4 , este es un gas incoloro e inodoro, debido a sus

características es utilizado como una fuente de energía, pese a sus aplicaciones se encuentra en la lista de sustancias peligrosas por ser altamente inflamable y explosivo al estar expuesto a ciertas condiciones climáticas, en la tierra existen varias fuentes de emisión del metano, las cuales van desde procesos de descomposición anaeróbica de la materia, pasando por orígenes antropogénicos, como lo son actividades agrícolas y por ultimo

llegando a la extracción de recursos naturales como lo son las minas de carbón.

El metano puede ser líquido si está bajo presión y gaseoso si se encuentra en estado normal, cuando se encuentra en estado líquido puede ser sumamente nocivo para la salud provocando un congelamiento en la parte que entra en contacto, si se encuentra en estado gaseoso dependerá de su concentración en el aire, para saber si es o no potencialmente peligroso. Para esto se han establecido los siguientes rangos, si se encuentra en estado menor al 4 % puede ocasionar ardor en la piel sin ninguna consecuencia nociva para la salud de la persona, si la concentración está dentro de 5 % hasta un 15 % está muy propenso a ocasionar una explosión, siempre y cuando haya alguna fuente de chispa que lo encienda, si la concentración es mayor al 15 % la mezcla ya no es explosiva pero inicia a ser asfixiante, ya que en grandes cantidades el metano tiende a disminuir el Oxígeno, el cual no debe ser menor al 19%. (I. Charris, 2014).

2.2.1.2 Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono es un gas inoloro e inodoro y es altamente tóxico cuando se presentan en grandes concentraciones, en minería se produce debido: a la combustión del diésel, la detonación de explosivos e incendios provocados por el gas grisú entre otros. Es tóxico debido que al ser inhalado, interfiere con el transporte normal de oxígeno, ya que la



hemoglobina tiene una preferencia por este gas, y esta es la encargada de llevar oxígeno a los tejidos celulares, es por esto que en mínimas cantidades es peligroso, ya que ese transportaría monóxido de carbono en vez de oxígeno, lo que ocasionaría un daño irreparable especialmente a los tejidos del cerebro, esta sintomatología es conocida como carboxihemoglobina, un envenenamiento agudo con monóxido de carbono se presenta cuando se expone a concentraciones superiores a 400 ppm, teniendo hechos irreversibles, y dependiendo del tiempo de exposición puede llegar hasta la muerte, cuando se es expuesto a concentraciones menores a 400 ppm se produce un envenenamiento crónico en la cual el cuerpo desecha en un tiempo aproximado de 8 horas, en esta ocasión puede producir síntomas como mareos, dolores de cabeza, entre otros.

2.2.1.3 Nitrógeno

El nitrógeno es un gas inoloro, incoloro e insípido, este se produce debido a la descomposición de materias orgánicas así como con la detonación de explosivos, y es altamente peligroso cuando ocurre desgasificación del grisú, ya que el grisú (metano) tiene una composición de nitrógeno cerca del 40 %, los mayores riesgos que se producen es cuando en la composición química de aire este supera los 88%, cuando los niveles son 13 menores a 88 %, pero mayores a 78 % produce un sofocamiento en el organismo, el cual no incide directamente en la vida del trabajador.

2.2.1.4 Óxido Nítrico

El óxido nítrico es un gas incoloro de un olor bastante fuerte y se forman en la minas debido a la combustión y detonación de explosivos, este gas disuelve la humedad de los pulmones, en exposiciones mayores pueden ocasionar edemas en los pulmones, además de ello reduce la cantidad de oxígeno que ingresa a los pulmones, ocasiona dolores de cabeza intensos y en grandes cantidades puede ocasionar colapsos e incluso la muerte, el límite para exposiciones en el aire son 25 ppm en una jornada de 8 horas de trabajo.

2.3 Disposiciones Legales Para la Ventilación de Minas Subterráneas

Según el decreto 1886 de 2015 que establece el reglamento de seguridad en las labores mineras subterráneas de la república de Colombia se contemplan las siguientes disposiciones para el manejo de la ventilación en minas subterráneas:

- ♦ Todas las labores mineras subterráneas accesibles al personal y los lugares donde se localice maquinaria, deben estar recorridas de manera permanente por un volumen suficiente de aire.
- ♦ El aire que se introduzca a la labor minera subterránea debe estar exento de gases, humos, vapores o polvos nocivos o inflamables.
- ♦ Compruebe que los lugares donde se realicen labores mineras subterráneas, estén ventilados de manera constante y suficiente, a fin de mantener una atmósfera limpia y respirable:
- ♦ El volumen de oxígeno en la atmósfera de la mina no debe ser inferior a 19,5%, o más del 23,5% en volumen de oxígeno.
- ♦ Los Valores Límites Permisibles (VLP) en la atmósfera de cualquier labor subterránea para los siguientes gases contaminantes son:

Tabla 1. Valores Permisibles en la atmosfera para labores subterráneas

Gases	Fórmula	TLV-TWA (ppm)	TLV-STEL (ppm)
Dióxido de carbono	CO ₂	5000	30000
Monóxido de carbono	CO	25	-
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	1	5
Anhídrico sulfuroso	SO ₂	-	0,25
Óxido nítrico	NO	25	-
Dióxido de nitrógeno	NO ₂	0,2	-

El responsable técnico de la labor minera subterránea debe nombrar en cada turno, a un encargado de la supervisión de la ventilación en todas las labores, quien deberá estar capacitado para tal efecto.



3 Establecimiento de Parámetros Para la Construcción del Prototipo

De acuerdo a la información recopilada se pueden obtener varios parámetros a tener en cuenta para la realización del prototipo de robot explorador para la detección de gases en minería subterránea, partiendo de la naturaleza del terreno se establece que la estructura del prototipo debe tener en cuenta las características topográficas a que se verá sometido, para esto se establece un modelo de explorador tipo rover equipado con un sistema de transmisión de potencia de arrastre tipo oruga, este se adapta más a este tipo de terreno siendo la opción más versátil para los propósitos del explorador, se plantea una plataforma soportada por una base orugada para el transporte del dispositivo.

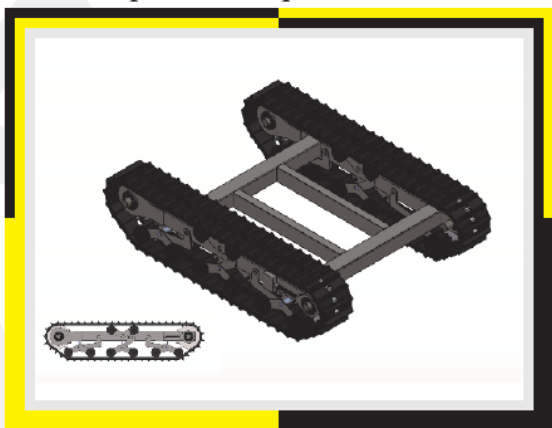


Figura 3. Sistema de Transmisión propuesto para el Prototipo

3.1 Detección de gases

De acuerdo con las características establecidas en los gases presentes en minería se hace necesario la creación de un sistema de detección que intervenga la mayoría de los casos presentes en ambientes mineros bajo tierra, para esto se propone crear un módulo de detección de que incluya la detección de los distintos tipos de gases presentes, condiciones de humedad temperatura y velocidad de viento integrados en un módulo que permita la comunicación y transmisión de los datos obtenidos.

Para la detección de estos gases se selecciona una gama de sensores que nos dan un rango adecuado y cumplen con la característica esperada, estos se enuncian en la tabla 2.

Tabla 2. Selección de sensores para el censado de gases.

Característica	Referencia	Rango de Detección
Detección dióxido de carbono	CDM 4161	1000 ppm
Detección monóxido de carbono	TGS 2611	500 - 10.000 ppm
Detección temperatura y humedad	DHT 11	0°C a 90°C y 20% a 80% de humedad
Detección anhídrido sulfuroso	MX4	5 ppm
Detección óxido nítrico	MX6	25 ppm
Detección dióxido de nitrógeno	Mics 2714	0.05 a 5 ppm

Los sensores enunciados anteriormente cumplen con las características esperadas de medida y se acoplan a la electrónica necesaria para la transmisión de datos via telemetría del prototipo.

3.2 Control y Transmisión de Datos

Realizando un análisis de las condiciones de comunicación en el ambiente minero subterráneo se establece que el control del prototipo y la adquisición de datos se deben realizar mediante el uso de un transceptor que permita la comunicación bidireccional entre el prototipo y una estación de control remota, se selecciona un controlador de manejo capaz de manejar una interfaz de comunicación UART, I2C, CAN lo que permite una gran versatilidad entre los dispositivos de censado de gases y los dispositivos de manejo del prototipo integrando una estructura de control completa y dinámica con una estación de mando y control, esta estructura proporciona un canal bidireccional compatible entre la transmisión de datos y el control del prototipo.

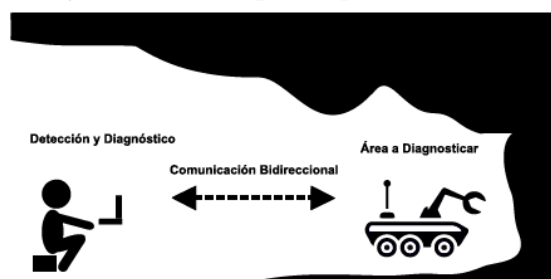


Figura 4. Esquema de Comunicación del Prototipo



La estación y control de datos consta de un transceptor radial compatible con comunicación a 2.4 Ghz y un sistema adicional de recepción de video el cual permite la recepción y control del prototipo, para la implementación de este se establece un sistema de transmisión con las siguientes características:

- ♦ Rango de frecuencia: 2.408-2.475GHz
- ♦ Potencia del transmisor: 20dBm
- ♦ Ancho de banda: 500KHz
- ♦ Protocolo de 2.4GHz: AFHDS 2ª

3.3 Estructura del Prototipo

La estructura del prototipo es uno de los puntos vitales en el desarrollo de este ya que debe cumplir con la normatividad explosión proof enclosure dado que el prototipo se va a desempeñar en áreas de presencia de gases y su funcionamiento podría desencadenar una explosión.

Para el diseño del cuerpo motriz del prototipo se plantea ceñirse a los estándares de protección ip y nema los cuales establecen los parámetros necesarios para el funcionamiento en atmósferas explosivas en el desempeño del prototipo.

4 Conclusiones

Para la implementación del módulo de censado de gases es de primordial importancia establecer correctamente los parámetros de medida y condiciones de toma de muestra ya que para tener una correcta medida de la atmosfera minera es necesario establecer el comportamiento de cada uno de los posibles gases a diagnosticar, estos parámetros van ligados al comportamiento físico de las sustancias a medir obligando a crear un protocolo de media y establecer los requerimientos del prototipo para este fin.

La comunicación en ambientes bajo tierra se ve afectada en gran parte por las características del sistema de telemetría, es de vital importancia establecer el sistema de comunicación adecuado, debido a que una mala selección de componentes será un factor determinante en el malfuncionamiento del prototipo.

El establecimiento de lineamientos en la fabricación del prototipo es uno de los aspectos más relevantes del diseño dado que estos deben ir ligados a la normatividad minera en lo referente a protección anti explosiones, manejo de las comunicaciones y seguridad minera, de lo contrario el prototipo no sería viable en la práctica y violaría el concepto de su concepción.

5 Recomendaciones

Para el diagnóstico de ambientes mineros bajo tierra se debe afrontar el tema desde una vista holística, puesto que este aspecto de la minería tiene un sinnúmero de factores a tener en cuenta y se puede incurrir en omisiones que desencadenaran en el desarrollo de técnicas incompletas o no funcionales en el momento de ser implementadas.

Agradecimientos

En el desarrollo de este proyecto han intervenido muchos actores que con su gran colaboración permiten que se desarrollen actividades de innovación y desarrollo entre otros al grupo de investigación GICEMIN del SENA Centro Minero, ya que sin su apoyo no se podría dar el espacio para el desarrollo de esta investigación, también es de vital importancia reconocer el apoyo se ha obtenido de parte del grupo de articulación con la media y su líder Kenneth Mendoza por su apoyo y el espacio brindado para el desarrollo de la investigación. También se debe reconocer el apoyo técnico del Ing Eduardo Eleazar Suárez por su orientación técnica en los aspectos referentes a ventilación minera y a nuestra compañera Andrea Preciado, Instructora de Investigación SENA Centro Minero que con su apoyo nos ha llevado a seguir con este proceso de investigación en el centro minero.

Referencias

Capítulo de libro:

Ministerio de Minas Y Energía República de Colombia. (2015, septiembre 21). Decreto 1886 de 21 Septiembre 2015. Ministerio de minas y energía República de Colombia. Recuperado de <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/De>



cretos2015/DECRETO%201886%20DEL
%2021%20DE%20SEPTIEMBRE%20D
E%202015.pdf

Tesis de maestría:

Martín Edgar Albarracín Chíname, & Germán Andrés Gutiérrez Patino. (2014). Monitoreo Inalámbrico De Gases En Minería Con Servicio Web En Tiempo Real Fase II. Universidad Pedagógica Y Tecnológica De Colombia Facultad Seccional Sogamoso Escuela De Ingeniería Electrónica, Sogamoso Boyacá.

Artículo de revista:

I. Charris. (2014, Septiembre). El metano un depósito minero. Recuperado 5 de noviembre de 2018, de http://fenalcarbon.org.co/fenalcarbon_2012/memorias/gas_metano.pdf

Ministerio De Minas Y Energía. (2013, 2014). Anuario Estadístico Minero Colombiano. Ministerio de minas y energía Republica de Colombia. Recuperado de <https://www.minminas.gov.co/anuario-estadistico-minero>.

Echeverri, D. R., Cano, S. H. R., & Builes, J. A. J. (2012). Detección y control de atmósferas explosivas en minas subterráneas de carbón usando programación estructurada. Revista Educación en Ingeniería, 7, 12.

Núñez, C. V., Peña, J. C., & Garzón, C. L. (2009). Análisis comparativo de tecnologías inalámbricas para una solución de servicios de telemedicina, 19.

Oscar Merchán, M., Higuera Martinez, O., Salamanca, J., & Niño Merchán, J. (2012). Sistemas De Control Automático En La Ventilación De Minas. Importancia En La Minería Subterránea Y Su Desarrollo En Colombia. Rejado, C. C., Hernandez, L. G., Carmona, A. S., Fernandez, A. C., Lopez, J. L. S., & Cervera, P. C. (2016). Historical Evolution Of The Unmanned Aerial Vehicles To The Present. Dyna, 91(3), 282-288. Recuperado de <https://www.revista-dyna.com/search/historical-evolution-of->

the-unmanned-aerial-vehicles-to-the-present Safety and Health Commission for the Mining and other Extractive Industries activity report 1997. COM (99) 373 final, 8 September 1999. (1999). [EU Commission - COM Document]. Recuperado 6 de agosto de 2018, de <http://aei.pitt.edu/13438/>

Página web:

Agencia Nacional de Minería. (2017, Junio 1). Departamento de Boyaca. Recuperado de https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_boyaca_01-06-2017.pdf

Agencia Nacional de Minería - Grupo de Seguridad y Salvamento Minero 2018. (2018, junio 8). Estadísticas de accidentalidad consolidado 2005 – 2018. Agencia Nacional de Minería. Recuperado de https://www.anm.gov.co/?q=emergencias_mineras

Julio Ramírez H. (2014, septiembre). módulo de capacitación técnico ambiental. Recuperado de http://geco.mineroartesanal.com/tiki-download_wiki_attachment.php?attId=398



Busqué cumplir el sueño de tener un estudio superior de calidad y gracias al Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Centro Minero, se cumplió. Esta institución me proporcionó el fortalecimiento de mi formación profesional integral; además, agradezco al grupo SENNOVA por brindarme la oportunidad de transmitir y apoyar esta dependencia con mis conocimientos en sistemas. Me siento muy orgulloso de ser parte del semillero de investigación Argicemin como referente impactando e innovando desde la tecnología a nivel nacional. Sennova oportunidad de ideas Innovadoras...

Wilmer Fabián López Monroy
Aprendiz Auxiliar de Investigación SENNOVA



La sociedad de hoy, debe ampliar su diálogo a través de la investigación, así no sólo se propician competencias, aprendizaje, generación de conocimiento sino sobretodo oportunidades de vida.

“Haber sido aprendiz SENA e instructor investigador me ha dado la oportunidad de liderar un proceso que crece con los días y hoy es una oportunidad de vida para mí y para mi familia”

Jenny Andrea Preciado Gaitán

**Líder de Grupo de Investigación GICEMIN
SENA Centro Minero Regional Boyacá**

