

Diseño de Casco para Espacios Confinados con GPS, Medición de Iluminación, Medición de Gases y Botón de Pánico.

Asesores

Yohanna Milena Rueda Mahecha, Juan Sebastián Dugarte Mendoza

Proyecto de Grado Presentado Para Obtener El Título De

Especialista en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo

Corporación Universitaria Minuto de Dios – Uniminuto. Bucaramanga

Jessica Marín Consuegra, Sylvia Camila Prada Marín & Wilson Castillo López.

Noviembre 2020.

Agradecimientos

A nuestras familias, una vez más, por el apoyo incondicional prestado durante todos estos días de estudios; por entender mi tiempo dedicado al estudio y a este proyecto que, al culminar, nos abren las puertas para enfrentar nuevas experiencias en el ámbito laboral y personal.

*A los profesores, quienes nos acompañaron en el recorrido para poder sacar adelante este proyecto de grado y así poder culminar esta etapa de Posgrado en la Corporación Universitaria
Minuto de Dios – Uniminuto.*

Tabla de Contenido

1	Introducción	10
2	Justificación	12
3.	Descripción del problema	14
3.1	<i>Formulación del problema</i>	16
4.	Objetivos	17
4.1.	<i>Objetivo general</i>	17
4.2.	<i>Objetivos específicos</i>	17
5.	Marco referencial	18
5.1.	<i>Marco histórico</i>	18
5.2.	<i>Marco conceptual</i>	21
5.3.	<i>Marco teórico.</i>	22
5.4.	<i>Marco legal</i>	25
6.	Metodología	27
6.1.	<i>Tipo de investigación</i>	27
6.2.	<i>Enfoque investigativo</i>	28
6.3.	<i>Diseño metodológico</i>	29
6.4.	<i>Propósito</i>	30
6.5.	<i>Población y muestra</i>	31
6.6.	<i>Técnica e instrumentos de recolección</i>	31
6.7.	<i>Técnicas de análisis de la información</i>	32
6.8.	<i>Presupuesto</i>	32
6.9.	<i>Cronograma</i>	33
7.	Desarrollo de Objetivos	34
7.1.	<i>Identificación de las características de muertes ocurridas en espacios confinados.</i>	34
7.2.	<i>Identificación de las necesidades requeridas para el diseño del casco.</i>	36
7.2.1.	<i>Instrumento de medición.</i>	37
7.2.2.	<i>Recolección de la información.</i>	37
7.2.3.	<i>Tabulación y conclusiones de la entrevista.</i>	38
7.2.4.	<i>Tabulación y conclusiones de la encuesta.</i>	48
7.3.	<i>Estudio de ingeniería Conceptual</i>	57
7.3.1.	<i>Memoria descriptiva</i>	57
7.3.2.	<i>Layaout</i>	61
7.3.3.	<i>Descripción de los elementos del casco</i>	62
7.3.4.	<i>Diagrama de flujo proceso constructivo</i>	65

8. Conclusiones	67
9. Recomendaciones	69
Referencias	71

Listado de figuras

Figura 1. Procedimiento para ingreso a espacios confinados.....	38
Figura 2. Metodología para realizar un rescate	40
Figura 3. Tipos de riesgos identificados.....	43
Figura 4. Presencia de intoxicación en espacios confinados.....	45
Figura 5. Otros factores presentados por asfixia en espacios confinados	47
Figura 6. Exposición a riesgo de atrapamiento	48
Figura 7. Reacción del personal externo	49
Figura 8. Identificación de sustancias	50
Figura 9. Nivel de iluminación.....	51
Figura 10. Nivel de temperatura.....	52
Figura 11. Riesgo de exposición a gases.....	53
Figura 12. Calidad del aire en un espacio confinado	54
Figura 13. Supervisión en el área	55
Figura 14. Dispositivo de ubicación.....	56
Figura 15. Elementos de protección personal	57
Figura 16. . Desarrollo del casco en el software Solid Edge.....	61
Figura 17. Casco Renderizado	62
Figura 18 Botón de pánico	62
Figura 19 Medidor de gases	63
Figura 20 GPS	64
Figura 21 Luxómetro.....	64
Figura 22. Diagrama de flujo	66

Listado de Tablas

Tabla 1. Estructuración del diseño metodológico	29
Tabla 2. Presupuesto proyecto diseño de casco para espacios confinados	32
Tabla 3. Cronograma actividades diseño de casco para espacios confinados	33
Tabla 4. Características de la población	36
Tabla 5 Ficha técnica GPS	58
Tabla 6 Ficha técnica botón de pánico	59
Tabla 7 Ficha técnica luxómetro	59
Tabla 8 Ficha técnica medidor de gases	60

Tabla de Anexos

Anexo 1. Formato Rae 1	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2. Cuadro de operacionalidad de variables	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3. Encuesta	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4. Entrevista	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5. Tabulación entrevistas	¡Error! Marcador no definido.

Resumen

El presente proyecto es un estudio documental para la creación de un casco de seguridad en donde se evidencie la necesidad de añadir implementos que funcionen para la detención de situaciones con alto grado de inseguridad, los autores evidencian la necesidad enfocada a trabajadores de empresas de cualquier sector que realizan sus actividades en espacios confinados, puesto que los mismo trabajan en empresas del sector industrial en donde es común ver trabajadores atrapados, intoxicados por gases y/o desubicados por falta de iluminación en su lugar de trabajo. En esta investigación se investigan los elementos que tienen mayor factibilidad de ser incorporados en el casco y que ofrecen un servicio rápido, seguro y confiable.

Palabras clave: Casco de seguridad, espacios confinados, GPS, luxómetro, botón de pánico, accidentes laborales, medición de gases.

Abstrac

This project is a documentary study for the creation of a safety helmet where the need to add implements that work to stop situations with a high degree of insecurity is evidenced, the authors evidence the need focused on workers of companies of any sector who carry out their activities in confined spaces, since they work in companies in the industrial sector where it is common to see workers trapped, intoxicated by gases and / or disoriented due to lack of lighting in their workplace. This research investigates the elements that are more likely to be incorporated into the helmet and that offer a fast, safe and reliable service.

Keywords: Safety helmet, confined spaces, GPS, lux meter, panic button, occupational accidents, gas measurement.

1 Introducción

En este momento en Colombia los trabajos en espacios confinados se reglamentan por las normas de Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA 29 CFR 191 0.146) y las normas nacionales como la ley 685 y el decreto 1335 de 1987.

El Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH 2016) define un espacio confinado como un lugar que por su diseño tiene un número limitado de aberturas de entrada y salida, cuenta con una ventilación natural desfavorable que podría contener o generar peligrosos contaminantes del aire, y no está destinado para una presencia continua de empleados.

Dentro de los espacios confinados se puede encontrar lugares de trabajo tales como, minas de extracción de diferentes materias primas, alcantarillas, tanques de almacenamiento, tanques de reacción, túneles y conductos, tuberías grandes, silos, tanques sépticos, molinos entre otros.

Las tareas realizadas en áreas de espacios confinados generalmente son muy comunes, ya que se realizan en todo tipo de industrias, ya sean bienes o servicios. (García and Realpe, 2014) los trabajos llevados a cabo en espacios confinados implican una variedad de riesgos potenciales, como ambientes peligrosos debido a la falta de oxígeno, concentraciones de contaminantes que exceden los límites permitidos y los límites de inflamabilidad, la presencia de sustancias explosivas y la configuración en sí misma.

Otros riesgos asociados a un espacio confinado; son la estrechez dentro del recinto, la mala postura de trabajo o molestias inapropiadas, iluminación limitada, etc.; como consecuencia de lo anterior, el presente proyecto de grado nace para presentar una idea de innovación; el diseño de un casco para trabajos en espacios confinados, utilizado como un elemento de protección que lleva consigo una herramienta de medición constante de los factores que pueden afectar las condiciones óptimas del espacio confinado, un sistema de posicionamiento global y un botón de pánico.

Por medio de una investigación realizada a diferentes accidentes presentados en distintos escenarios, pero en espacios confinados se pudo identificar una variedad de factores y subfactores que nos llegaran a aclarar cuáles tendrían más importancia al momento de intervenir o abarcar con la implementación del elemento de protección personal.

El casco como elementos de protección personal es el que más se usa a nivel mundial ya que la protección de la cabeza es primordial y es la que más se ve afectada en cualquier accidente, por consiguiente, se busca con este proyecto que este elemento sea utilizado permanentemente y tenga diferentes usos minimizadores y preventivos de accidentes y riesgos laborales.

2 Justificación

Trabajar en espacios confinados es una actividad de alto riesgo, por el desconocimiento de las medidas de seguridad que podrían reducir los riesgos a los que se expone un trabajador; en las estadísticas empresariales revisadas por el Consejo Colombiano de Seguridad para el año 2018, el sector que más muertes ocasionó fue el de minas y canteras (directamente relacionado con los espacios confinados), con 73 casos por cada 100.000 trabajadores legales afiliados al sistema de gestión de riesgos laborales, esto indica un aumento del 7% en los casos respecto al año inmediatamente anterior .

Los espacios confinados no son lugares de trabajo que generen estadísticas de alta accidentalidad, sin embargo, es uno de los lugares donde hay una alta exposición a riesgos que pueden afectar las condiciones de salud de los trabajadores e incluso la muerte, por lo tanto, empleadores y las administradoras de riesgos laborales se han visto en la obligación de controlar y gestionar todas las medidas necesarias para efectiva mitigación de dichos riesgos.

Las investigaciones del Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH, 2011) y la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OH&S, 2018) sobre incidentes en espacios confinados arroja consideraciones para tener en cuenta, tales como que el 85% de las veces donde hubo una muerte en operaciones en espacios confinados, un supervisor estuvo presente y el 29% de los fallecidos fueron supervisores. Además, los estudios evidencian que el 31% tenía procedimientos por escrito de espacios confinados y solo el 15% de los trabajadores estaban entrenados para este tipo de actividad. Los estudios registran que ninguna de

las empresas tenía un plan de rescate establecido, el 60% de los rescatadores murieron y que el 95% fueron autorizados por un supervisor; estos datos se unen a que los espacios no fueron ventilados o medidos antes de la entrada.

Teniendo en cuenta que en el país se cuenta con poca información referente al tema cabe denotar la afirmación que realizan. Taborda y Loaiza (2018) donde se identifican. “En Colombia los factores que denotan un alto riesgo al que se ven expuestas las personas que realizan trabajos en espacios confinados se dan especialmente por la falta de cultura preventiva, lo cual hace urgente que se implemente un artefacto en la cual se deje ver un verdadero panorama del sitio de trabajo para reducir el riesgo antes, durante y después de ingresar a estos espacios confinados” (p.16). Cuando los autores se refieren a implementar un artefacto se concluye un acuerdo referente al casco que se desea analizar en el proceso.

El trabajo en un espacio confinado puede ser más peligroso que los espacios regulares de trabajo por los riesgos conexos a su ingreso, por las atmósferas que se puedan presentar en el sitio, Por esta razón, el diseño de este casco para trabajos confinados permitirá que los empresarios tengan una opción innovadora de protección y medidas de seguridad para evitar accidentes y enfermedades laborales frecuentes en las actividades dentro de los espacios confinados.

3. Descripción del problema

A nivel mundial se estima que 374 millones de trabajadores sufren lesiones en su salud como consecuencia de su trabajo y 7.500 de ellos fallecen cada día desempeñando sus labores. (abc.com, 2019).

En Colombia, las actividades clasificadas de alto riesgos (nivel de riesgo IV y V) Fasecolda (2019). Causaron en 2018 un promedio 387 muertes laborales, dentro de las actividades de alto riesgo encontramos el trabajo en alturas, el manejo de energías peligrosas, las excavaciones y el trabajo en espacios confinados.

Por otra parte, es preocupante como en Colombia los espacios confinados presentan una baja regulación de parte del Estado en su vigilancia y seguimiento de la legislación de obligatoriedad, prueba de ello es que actualmente se presenta un 60% aproximadamente de accidentes fatales y/o lesiones, que deja evidenciado la falta de brindar condiciones de seguridad en el trabajo. (Juan Taborda, 2018).

Las organizaciones que ejecutan actividades de alto riesgo como espacios confinados independiente de la razón social, no cuentan con un monitoreo y control de los trabajadores con estas condiciones de trabajo, dejando expuesto e incomunicado al trabajador con el exterior y esto da lugar a que los trabajadores que están realizando la operación presenten una mayor exposición a peligros y eventualidades afectando directamente o indirectamente su integridad dando paso a que suceda accidentes y hasta muertes.

La clasificación de este tipo de actividad exige una evaluación y control permanente por parte de las organizaciones para ofrecer seguridad a sus empleados; los peligros pueden no ser inevitables por ende pueden dar lugar a lesiones graves o daños y requerir una acción de emergencia, estos peligros son comúnmente previsible y compatibles con las medidas preventivas adecuadas, tales como la detección de gases como su nombre lo indica sirve para detectar y avisar de atmósferas potencialmente peligrosas en estos espacios y la medición de iluminación en un espacio confinado es necesario ya que es uno de los factores que da paso a una gran variedad de peligros por falta de una adecuada iluminación.

Como medida preventiva válida para este tipo de actividades es la implementación de un GPS y un botón de pánico, el primero es de gran ayuda ya que muchas veces el trabajador que presenta el accidente es difícil de ubicar para su rescate e igualmente es útil para llevar un monitoreo en tiempo real de la ubicación de su trabajador; el botón de pánico es una de las medidas más innovadoras que podríamos aplicar como una medida de prevención de seguridad para los trabajadores en los espacios confinados ya que es una herramienta muy sencilla y eficaz porque nos da una alerta del estado o de la situación que está presentando el trabajador y así llegar a efectuarse una mejor atención de emergencia.

Estas medidas propuestas anteriormente buscan proteger su salud y fortalecer la seguridad en este tipo de trabajo denominado de alto riesgo (Castillo, 2007).

3.1 Formulación del problema

¿Cómo disminuir la exposición al riesgo de los trabajadores que ejecutan sus funciones en espacios confinados, implementando las tecnologías información y comunicación (TIC)?

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Diseñar un casco para espacios confinados, identificando y determinando los elementos necesarios para mitigar los riesgos asociados a las actividades desarrolladas en esta labor, por medio del software solidedge.

4.2. Objetivos específicos

Determinar desde un análisis de fuentes secundarias, las características de las muertes ocurridas en espacios confinados y las necesidades requeridas para el diseño de un casco apto para esta operación.

Identificar las necesidades operativas que requiere cumplir el diseño del casco, a través de fuentes primarias.

Definir el estudio de ingeniería conceptual que permite establecer las especificaciones técnicas requeridas y reconociendo las soluciones tecnológicas para su implementación.

5. Marco referencial

5.1. Marco histórico

Para el desarrollo del presente proyecto es fundamental señalar algunas referencias a nivel internacional, nacional y regional de investigaciones, con el fin de identificar las principales causales y factores que den lugar a la materialización de accidentes laborales graves y mortales dentro de espacios confinados.

En el contexto de investigaciones internacionales precisamente en España. Basterretxea (2015). Donde identifica que los accidentes que se desarrollan dentro de los recintos confinados siguen observándose que la mayoría de los casos no se aplican correctamente las medidas orientadas a la prevención de las situaciones potencialmente peligrosas. No se llevan a cabo procedimientos de actuación adecuados a los espacios confinados en los que se realizan los trabajos y la mala utilización de los EPP. En muchos de los casos se observa a su vez, que los operarios carecen de la formación adecuada para realizar su trabajo en este tipo de entornos. Estas situaciones determinan que sigan originándose accidentes que podrían evitarse fácilmente si se trabajase de manera adecuada.

De igual forma en el contexto internacional en una investigación de la universidad de Córdoba, España. Realizada por Marjaliso 2014. Donde dentro de su investigación se indaga con los responsables en prevención de riesgos laborales de las empresas, de la zona de Almería sobre

el punto de vista a la hora de la preparación de todos los equipos necesarios para realizar un trabajo en espacios confinados. Los responsables en PRL aseguraron que se necesitaban al menos 2 horas de preparación previa antes de realizar el trabajo.

Afirmó que hay que buscar todos los equipos y prepararlos en el lugar de trabajo, para ello, hay que vaciar las furgonetas, preparar las herramientas adecuadas al trabajo, preparar los elementos de protección individuales, las escaleras, trípodes, arneses, equipo de respiración autónoma, medidor de gases. Además, cada trabajador implicado en la tarea a realizar debía también preparar sus propios EPPS (mascarilla, traje desechable, botas, etc.). Aún a sabiendas de cómo se trabaja en esta zona, el investigador preguntó si los EPPS se encuentran en un sitio concreto, ya preparados, o si por el contrario había que prepararlos cada vez que se fuese a realizar un trabajo. La responsable de PRL de Almería aseguró que por lo general hay que buscarlos y prepararlos.

Según investigaciones realizadas a nivel nacional de la universidad católica de Manizales. Loaiza (2013-2018). Donde se plantea dentro de su investigación; por qué los espacios confinados son un factor de riesgo para el trabajador en Colombia y qué hace falta para reducirlos o prevenirlos.

Esta investigación afirma que en Colombia los espacios confinados presentan una baja regulación de parte del estado en su vigilancia y seguimiento de la legislación de obligatoriedad, un correcto análisis de las diferentes características de los espacios confinados por su nivel o clase de riesgo y su identificación en planta, permite un fácil y efectivo control e identificación de

las medidas preventivas que garanticen y salvaguarden la vida de los trabajadores.

A nivel regional cabe resaltar un accidente en la ciudad Girón; Santander. (2019). donde las autoridades investigan las causas que ocasiono el fatal accidente laboral en espacio confinado, en el que perdió la vida un hombre de 33 años, el cual prestaba su servicio por 4 años para la empresa de concretos y asfaltos ubicada en el kilómetro 5 de la vía Girón - Floridablanca.

Según los organismos de socorro, el hombre quedó atrapado dentro de la olla de un vehículo mezclador de cemento, el cual no permitió el flujo normal de oxígeno y donde se presentaban aglomeraciones de gases.

Al lugar arribaron un grupo de paramédicos y los bomberos de Floridablanca, sin embargo, cuando lograron ingresar a la mezcladora el trabajador ya había fallecido. Posteriormente, el cuerpo fue rescatado.

Siguiendo en el ámbito regional en este caso en la mina de carbón conocida como La Iguana la cual está ubicada en la vereda Senacuta del municipio de San Miguel; Santander, donde se produce una explosión por acumulación de gases al interior de la mina artesanal, donde lamentablemente el administrador de la mina se encontraba realizando actividades de medición de concentración de gases antes del inicio de la labor de los colaboradores; según las autoridades, esta mina cuenta con todos los permisos y documentos para poder operar de forma legal.

Lo que hacía este señor era precisamente evitar accidentes midiendo los niveles de gases,

pero desafortunadamente se reportó que había acumulación y se produjo la explosión de manera inmediata generándole la muerte al hombre de 47 años, quien trabajaba en el municipio, pero era de Boyacá.

Estas investigaciones aumentan la necesidad del control que deben tener las organizaciones a nivel nacional e internacional sobre los riesgos a los cuales están expuestos sus colaboradores, la inclusión de una herramienta como un elemento de protección personal como en este caso el casco, donde se puedan incluir controles de riesgo bajo estas condiciones de trabajo, teniendo un control más adecuado de la situación; brindando seguridad y bienestar al trabajador y salvaguardando las organizaciones.

5.2. Marco conceptual

Dada la razón del proyecto en donde la idea es encontrar una herramienta que pueda proteger a un trabajador en un espacio confinado.

Se entiende por Elemento de Protección Personal a cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. (Zorrilla,2012, p. 1)

Este elemento de protección personal resulta ser uno de los más utilizados en los espacios confinados, por lo cual se convierte en el objeto a modificar.

Un casco de protección para la industria es una prenda para cubrir la cabeza del usuario, que está destinada esencialmente a proteger la parte superior de la cabeza contra heridas producidas por objetos que caigan sobre el mismo. (Zorrilla,2012, p. 10)

El autor refiere que el espacio confinado “es cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación natural desfavorable, en el cual pueden acumularse contaminantes químicos, tóxicos o inflamables, tener una atmósfera con deficiencia de oxígeno, y que no está diseñado para una ocupación continuada por parte del trabajador” (Madrid, 2013)

Según Artículo Electrónica Básica refiere. “Un luxómetro es un dispositivo para medir la luminosidad. Mide específicamente la intensidad con que la luminosidad aparece al ojo humano” (tomado de Electrónica,2016)

Según la Real Academia Española la palabra riesgo implica la proximidad de un daño, desgracia o contratiempo que puede afectar la vida de los hombres (Real Academia Española, 1992, p.1.562).

5.3. Marco teórico.

Durante las actividades dentro de áreas confinadas sin la correcta protección e identificación de los riesgos que se identifican al realizar estas labores; han ocasionado daños graves en la salud física y mental del trabajador que se expone a este tipo de riesgos. Empresas aplican cierto tipo de seguridad o protección a los trabajadores que laboran en este tipo de

estructuras, pero pese a que se tenía algún tipo de control no se cumple con todos los parámetros para asegurar la protección idónea del trabajador ya que no se controlan todos los factores que tienen que ver con los riesgos dentro de los espacios confinados.

Uno de los principales riesgos es la exposición a concentraciones de gases tóxicos que se generan dentro de estos tipos de ambientes, según Villegas manifiesta que la concentración en aire de productos tóxicos por encima de determinados límites de exposición puede producir intoxicaciones agudas o enfermedades. Las sustancias tóxicas en un recinto confinado pueden ser gases, vapores, polvos finos en suspensión en el aire. (Villegas, 1988).

Para evitar la concentración de vapores en la atmósfera de un espacio confinado es fundamental verificar si se proporciona suficiente ventilación, ya sea natural o mecánica y verificarse adecuadamente para que se ajustase según las necesidades del espacio, para este tipo de riesgos se debe instaurar un procedimiento con respecto a la provisión de equipos respiratorios a los trabajadores para evitar y mitigar los riesgos asociados a la exposición de gases, vapores o sustancias químicas.

Toda área de trabajo en espacios confinados debe tener líneas de vida en el caso de una emergencia, este equipo debe estar listo en todo momento para facilitar las maniobras de recuperación, la entrada del rescatista va hacer más ágil y atender de manera inmediata al lesionado o accidentado, los procedimientos de rescate deben establecerse antes de ingresar y deberán ser específicos según el tipo o lugar, el entrenamiento mejora el nivel de los rescatistas y se disminuye el riesgo contra la vida de los rescatistas.

La iluminación también debe verificarse como un nivel aceptable antes de entrar en un espacio cerrado. Muchas empresas de equipos de espacios confinados venden o alquilan equipos dedicados a iluminar dichos espacios, lo que hace que este problema sea fácil de resolver, pero lo que no tienen en cuenta es que los equipos de iluminación deben ser a prueba de explosiones y luminarias de bajo voltaje que vitales para garantizar la seguridad en el lugar de trabajo reduciendo la intensidad de la electrocución cuando se exponen a partes del cuerpo vivo, lo que aumenta las posibilidades de supervivencia al contacto con el componente eléctrico.

Otro de los factores de riesgo a tener en cuenta dentro de este proyecto es el tema de pérdida de ubicación y rastreo del trabajador a la hora de generarse un evento de riesgo dentro de los espacios confinados, donde se pierdan las coordenadas de ubicación en su sitio de trabajo; estableciendo la necesidad de incluir un GPS dentro del casco de protección de cada colaborador.

Con la globalización surgen cambios importantes en varios aspectos, económicos, tecnológicos, sociales, seguridad, y de salud para estos últimos se ha imprescindible el uso y aplicación de medidas, normativas proceso y mecanismos de seguridad que respalden el correcto desempeño y sobre todo protección al trabajador en su jornada laboral, herramientas que mantengan la seguridad dentro de estos espacios como la inclusión de monitoreo en el momento de la exposición del trabajador.

La mayoría de las empresas que trabajan en estas condiciones especiales realizan el monitoreo de los riesgos antes de la intervención del operario, durante la ejecución de las

actividades desarrolladas por el operario surge la necesidad tener control sobre los factores de exposición a riesgo, de esta forma se propone en esta investigación el modelado de un casco el cual, cuente con GPS, medición de gases, sensores de iluminación y un botón de pánico los cual evidenciará resultados dentro o fuera de los parámetros permisibles para O₂, CO, H₂S, lúmenes y cual quiera del riesgo identificado por el trabajador al momento del desarrollo de sus tareas dentro de estas condiciones de trabajo.

5.4. Marco legal

El marco legal para el proyecto sobre elementos de protección para realizar trabajos en espacios confinados encontramos a la siguiente normativa nacional e internacional aplicable.

La Resolución 0491 de 2020 en la que se establecen los requisitos mínimos de seguridad para el desarrollo de trabajos en espacios confinados y otras disposiciones, entre los requisitos que presenta esta resolución nos da claridad sobre las obligaciones de las administradoras de riesgos laborales, obligaciones de los trabajadores, obligaciones del empleador y/o contratante, dentro de ella también nos da conocer los requisitos mínimos para el programa de gestión para trabajo en espacios confinados. (Resolución 0491 de 2020).

La normatividad vigente frente a la protección y conservación de la salud de los trabajadores en Colombia es sustentada por la Ley 9 de 1979; Define que todos los lugares de trabajo deberá haber suficiente iluminación para prevenir efectos nocivos a la salud de los empleados garantizando óptimas condiciones de seguridad y visibilidad, el Decreto 2400 de

1979, establece algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo y las condiciones de Iluminación; en el capítulo III establece la obligatoriedad para los empleadores de garantizar ambientes de trabajo confortables respecto a iluminación de acuerdo a la clase de labor que se realice según la modalidad de la industria.

El reglamento para las labores subterráneas se expide el Decreto 1335 de 1987, en el Artículo 3o. Todas las instalaciones en superficie y subterráneas de las minas, deben cumplir además con las normas y requisitos mínimos de salubridad establecidos por el Ministerio de Salud.

Dentro de los requisitos mínimos de salubridad está el mantener una atmosfera adecuada para respiración de los trabajadores, por ello encontramos la Resolución 2400 de 1979: Artículo 624, establece que, en excavaciones profundas, galerías subterráneas o sitios confinados, deberá suplirse a los trabajadores de una atmósfera adecuada para su respiración.

Frente a la legislativa internacional podemos encontrar las siguientes: OSHA 29 CFR 1910.146 (18), los requisitos para las prácticas y procedimientos para proteger a los empleados de la industria general de los peligros de la entrada en espacios confinados que requieren permiso, Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo (23). Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud relativas a la utilización de Equipos de Protección Individual y Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio (24). Disposiciones mínimas de Seguridad y Salud para la utilización de Equipos de Trabajo.

6. Metodología

6.1. Tipo de investigación

El proyecto se enfoca en un tipo de investigación descriptivo, por cuanto, se busca que a través de la adopción de un instrumento de medición, generación de alertas y posicionamiento global en espacios confinados “Diseño de casco para espacios confinados con GPS, medición de Iluminación, medición de gases y botón de pánico”, que tiene como finalidad, llevar control y seguimiento de parte de las altas direcciones de las organizaciones que ejecuten sus actividades en espacios confinados, y que a su vez se cumpla con requisitos exigidos por el Decreto 1072 de 2015, con relación a la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Al implementar este dispositivo permite a las organizaciones desarrollar de manera práctica y efectiva las actividades que conllevan a tener control y un seguimiento más oportuno a los operadores que realicen sus funciones en espacios confinados, pues como lo afirma (Cubillos, 2019).

El uso de las herramientas tic como estrategia para la identificación, monitoreo y control de factores de riesgo laborales y la salud en el trabajo es cada vez más frecuente dentro del entorno organizacional para la prevención de peligros y riesgos. Las actividades dentro de un espacio confinado, ha llevado a las organizaciones que desarrollan este tipo de actividades a pensar como salvaguardar la vida de sus trabajadores de una forma más efectiva, donde se

generen las alertas y los factores de riesgo en un momento adecuado, es por esto que surge nuevas formas de hacer control y monitoreo a los trabajadores poniendo en práctica las tecnologías de la información y la comunicación.

Esta herramienta agilizará la generación de alertas y disminución de los factores de riesgos dentro de espacios confinados, ya que contará con una serie de funciones (GPS, medición de Iluminación, medición de gases y botón de pánico), para desarrollar alertas en tiempo inmediato al personal que esté monitoreando y vigilando dentro del exterior de los sitios donde se encuentran los operarios ejecutando sus funciones en espacios confinados.

6.2. Enfoque investigativo

El enfoque del proyecto quedó definido como mixto, ya que la herramienta se construirá mediante información numérica, una recolección de datos, de investigaciones pasadas y eventos de ocurrencia de incidentes, accidentes y enfermedades laborales generadas al personal de las organizaciones que ejecutan labores en espacios confinados según su fuente directa o indirecta de trabajo y producción por la cual se formulará la herramienta desde el enfoque subjetivo, lógico y coherente, con el fin de realizar un seguimiento y control.

6.3. Diseño metodológico

La presente investigación se basa en un diseño documental.

Tabla 1. *Estructuración del diseño metodológico*

Tipo de investigación	Documental
Método de investigación	Análisis y Síntesis.
Fuentes de información	Fuente primaria: Diseño y aplicación de cuestionario dirigido a trabajadores que realizan sus funciones en espacios confinados en el área metropolitana de Bucaramanga.
Técnicas para la recolección de la información	Encuesta y entrevista.
Instrumento	Cuestionario de preguntas de diferente tipo.
Modo de aplicación	Vía web
Población	Según el directorio de empresas en el área metropolitana de Bucaramanga se cuenta con 28.642 empresas, en donde se encuentran 359.991 personas empleadas, de las cuales aproximadamente el 2% realizan trabajos en espacios confinados, lo cual refiere un total de 7.199 personas expuestas, siendo este el universo para esta investigación.
Marco Muestral	Trabajadores del área metropolitana de Bucaramanga que realicen sus actividades en espacios confinados.
Alcance	Bucaramanga y su área metropolitana
Encuestadores	Jessica Paola Marín Consuegra

Wilson Fabián Castillo López

Sylvia Camila Prada Marín

Tipo de muestreo Por conveniencia

El diseño de investigación se basa principalmente en la recolección de datos de información de registros o archivos documentales de organizaciones, por lo tanto es una investigación documental; que responden a las exigencias de los requisitos contenidos en el Decreto 1072 de 2015 de Seguridad y Salud en el Trabajo , Resolución 0491 de 2020 , Resolución 0312 de 2019; para tal fin, se contempla la herramienta de detección de factores de riesgo, GPS y botón de pánico en un elemento de protección personal como lo es el casco para los trabajadores que desempeñan sus funciones en espacios confinados.

6.4. Propósito

Desarrollar la herramienta denominada “casco para espacios confinados con GPS, medición de Iluminación, medición de gases y botón de pánico.”, su propósito investigativo es básica, por cuanto, genera un prototipo de alerta y disminución del factor de riesgo asociado a trabajo en espacios confinados, debido a su innovación como herramienta se quiere evidenciar su funcionalidad en la realización de controles y seguimientos en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo.

El propósito de la investigación es básico ya que se tiene como finalidad la obtención y recopilación de información en este caso de las organizaciones con factores de riesgo a la hora de

la ejecución de las actividades en espacios confinados.

Las principales conclusiones de los estudios reflejan que la innovación es un proceso que requiere planificación para obtener los resultados que se desean, lo cual implica el apoyo de herramientas tecnológicas, como las TIC y formación en las mismas con el propósito de optimizar las etapas que implica un proceso de innovación (Riascos,2010).

6.5. Población y muestra

La población para este proyecto de grado se limitará a 5.796 trabajadores de empresas del departamento de Santander que realizan trabajo en espacios confinados; por el tipo de investigación no se define muestra.

6.6. Técnica e instrumentos de recolección

El diseño del casco para espacios confinados requiere información importante para tener en cuenta, por ende, para el proyecto se usarán para la recolección de la información cualitativa utilizando las encuestas y datos observables para adquirir toda la información necesaria para que se cumpla con el objetivo del proyecto.

Se aplican entrevistas para identificar cómo las empresas manejan o controlan el riesgo de espacios confinados; encuestas a los trabajadores para identificar necesidades, propuestas de protección, frecuencia de exposición al riesgo con el fin de aportar información al presente

proyecto.

6.7. Técnicas de análisis de la información

El proyecto pretende alcanzar los objetivos trazados por ende la observación y el tratamiento de los datos, las encuestas empleadas determinan que la técnica que se utiliza es la descriptiva, pues obtiene información de los factores y las necesidades el por qué desarrollar el diseño del casco para espacios confinados.

Los datos obtenidos están expresados, donde se evidencia la comprensión de las necesidades y factores a suplir con el diseño del casco para espacios confinados para la protección del personal que realiza esta labor. Por lo anterior, el planteamiento de la problemática expuesta en el proyecto, junto con el marco de referencia en su marco teórico, preceptúa el interpretar la información en el logro de los objetivos trazados.

6.8. Presupuesto

Tabla 2. *Presupuesto proyecto diseño de casco para espacios confinados*

Artículo	Tiempo (horas)	Costos
3 personas (horas hombre)	330	1.320-.000
Servicio de red / internet	330	300.000

Portátil – computadora	330	1.200.000
Diseñadores	20	500.000
Total		3.320.000

Fuente: Elaboración propia

6.9. Cronograma

Tabla 3. Cronograma actividades diseño de casco para espacios confinados

ACTIVIDADES	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Nov
Recopilación de información para presentar la propuesta	X								
Análisis de la metodología para presentar y plasmar el proyecto		X							
Investigación de eventos accidentales ocurridos en la industria frente a esta actividad de espacios confinados			X						
Encuestas y entrevistas a empresas y personas				X					

involucradas en este tipo de actividad.			
Análisis de la información recolectada en las encuestas y entrevistas.	X		
Diseño en 3D del casco para espacios confinados con los componentes propuestos.		X	X
Presentación del prototipo creado			X
Análisis e interpretación de los resultados frente a la presentación del prototipo			X

Fuente: Elaboración propia

7. Desarrollo de Objetivos

7.1. Identificación de las características de muertes ocurridas en espacios confinados.

El desarrollo del primer objetivo se refiere al análisis de casos reportados de accidentes y muertes en espacios confinados en diferentes sectores industriales, esto para

realizar una identificación detallada de las necesidades del diseño de casco.

Se realizó una investigación sistemática de forma cualitativa, en donde se efectuó una búsqueda minuciosa en 10 bases de datos y dieron como resultado ocho (8) artículos relacionados con accidente graves y leves en espacios confinados para el respectivo análisis (ver. Anexo 1) reportados de diferentes industria con muertes trágicas realizando trabajos en espacios confinados; y las principales características de los eventos presentados son por factores de inseguridad como la falta de una inspección pre operacional en los sitios de trabajo como la medición previa de gases contaminantes tóxicos para los seres humanos que actúan de manera inmediata en el cuerpo generando la muerte; adicional la falta de iluminación o ventilación natural adecuada para realizar las labores los factores que produjo los accidentes mortales ya que no dejan salir los gases tóxicos provocando la muerte.

Adicional a lo anterior se puede contemplar que estas organizaciones no contaban con plan de emergencias ni con personal capacitado para realizar rescate en las situaciones presentadas; también se puede evidenciar que en los diferentes casos no se contaba con alarma o aviso oportuno de lo que se estaba presentando y en muchos de esos casos la respuesta eficiente podría haber salvado la vida del trabajador.

Por lo tanto para el diseño de un casco que resuelva las situaciones presentadas en la revisión los artículos científicos analizados, se deben incluir en el prototipo, las herramientas tales como un GPS, el cual dará solución a obtener la ubicación del trabajador en tiempo real, un medidor de gases, con el que el colaborador tendrá a la mano información referente a los agentes

contaminantes que puedan existir al interior de su lugar de trabajo, adicional el casco debe contar con un luxómetro, esto con el fin de que el mismo verifique las condiciones lumínicas a las que se debe enfrentar en el desarrollo de sus labores, por ultimo se debe anexar un botón de pánico con el propósito de que el trabajador pueda solicitar ayuda de forma rápida y fácil.

7.2. Identificación de las necesidades requeridas para el diseño del casco.

En el desarrollo del segundo objetivo se busca encontrar las necesidades operativas que requiere cumplir el diseño del casco, abarcando la opinión de los trabajadores de diversos sectores de la zona pero que están directamente ligados con la realización de funciones en espacios confinados. Por lo tanto, se estima una muestra y se realiza la aplicación de instrumentos de investigación en esta población. (Ver. Anexo 2)

Tabla 4. *Características de la población*

GEOGRÁFICOS	
Región	Bucaramanga y área metropolitana, Santander, Colombia.
Tamaño	607.428
Urbano – Rural	Urbano, Rural
Clima	Cálido
DEMOGRÁFICOS	
Ingreso	No aplica
Edad	18 años en adelante
Género	No aplica
Ciclo de vida familiar	No aplica
Clase social	Clase baja, media y media alta
Escolaridad	Mínimo bachiller
Ocupación	Económicamente activo

Religión	No aplica
Origen étnico	No aplica
CONDUCTUALES	
Beneficios deseados	Trabajador de espacios confinados
PROCESO MUESTRAL	
Tipo de muestreo	Conveniencia

Fuente: Elaboración Propia

Dada la pandemia se decide realizar un muestreo por conveniencia, en donde se estipula realizar 100 encuestas y 52 entrevistas a los trabajadores de espacios confinados dadas las características mencionadas anteriormente.

7.2.1. Instrumento de medición.

Los instrumentos que se construyeron para el estudio fueron una encuesta con el fin de obtener la información necesaria de la población objetivo y un cuestionario que cuenta con 10 preguntas de diferente tipo de manera que facilita el análisis de los datos (ver. Anexo 3 y 4), esta herramienta fue validada por expertos en el tema.

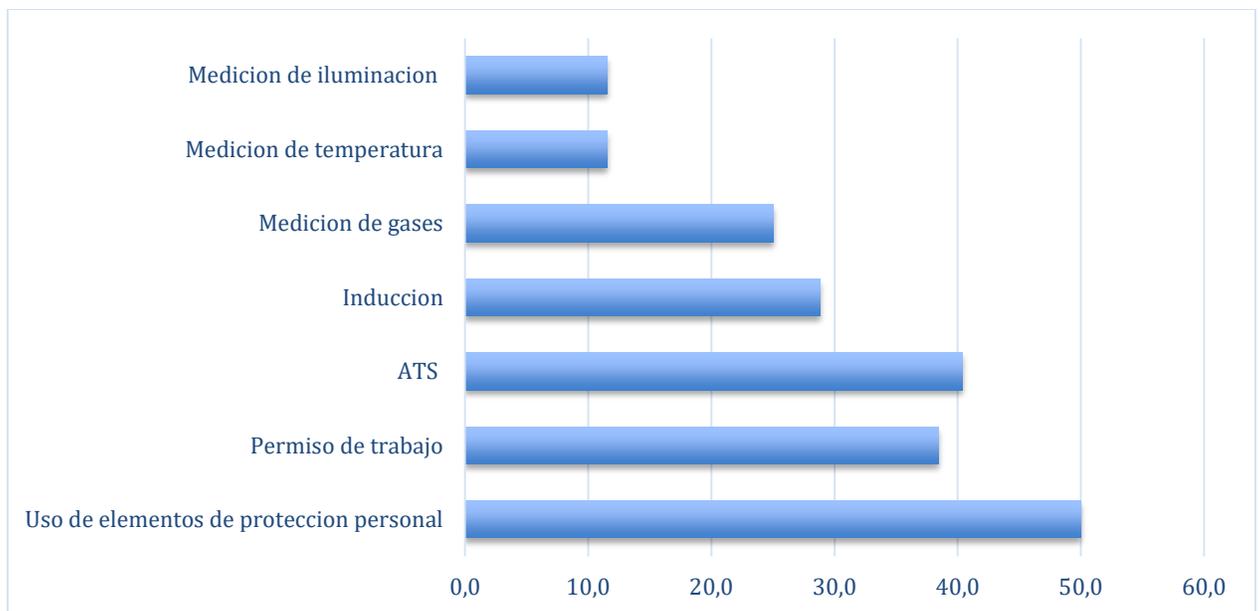
7.2.2. Recolección de la información.

Puesto que la reglamentación establecida por el Gobierno Nacional impide la realización del estudio de forma presencial, debido a la actual pandemia generada por el virus Covid 19 y los protocolos de bioseguridad implementados en las empresas, establece la prohibición de las

aglomeraciones y con tanto con personal externo o ajeno a las actividades propias de la empresa, por lo tanto el estudio se realizó el estudio de forma virtual en donde los integrantes del proyecto se comunicaron con los líderes de seguridad y salud en el trabajo de varias empresas y estos direccionaron el enlace para diligenciamiento de los instrumentos de investigación.

7.2.3. Tabulación y conclusiones de la entrevista.

Figura 1. Procedimiento para ingreso a espacios confinados



Nota. Propiedad de los autores

En el análisis de la pregunta uno se identificó una serie de dimensiones de acuerdo de las respuestas obtenidas, entre estos se encontraron uso de elementos de protección, permiso de trabajo, inducción, análisis de trabajo seguro, medición de gases, medición de temperatura y

medición de iluminación. (Ver Anexo 5)

De acuerdo con los resultados obtenidos en la pregunta 1, el 50% de los trabajadores tiene dentro de su procedimiento establecido el uso de elementos de protección personal para realizar trabajos en espacios confinados, por lo que se recomienda la implementación de otras herramientas en los elementos de protección personal más usados.

Un 61.5% de los trabajadores encuestados no tiene claro que antes de iniciar un trabajo en espacios confinados requiere de un permiso de trabajo, por lo tanto, se recomienda la implementación de elementos que disminuyan un posible accidente o incidente de trabajo.

También se evidencia que un 59,6 % de los trabajadores encuestados no tienen claro que antes de iniciar un trabajo en espacio confinados necesita un ATS, por lo tanto, se recomienda la implementación de elementos que disminuyan un posible accidente o incidente de trabajo.

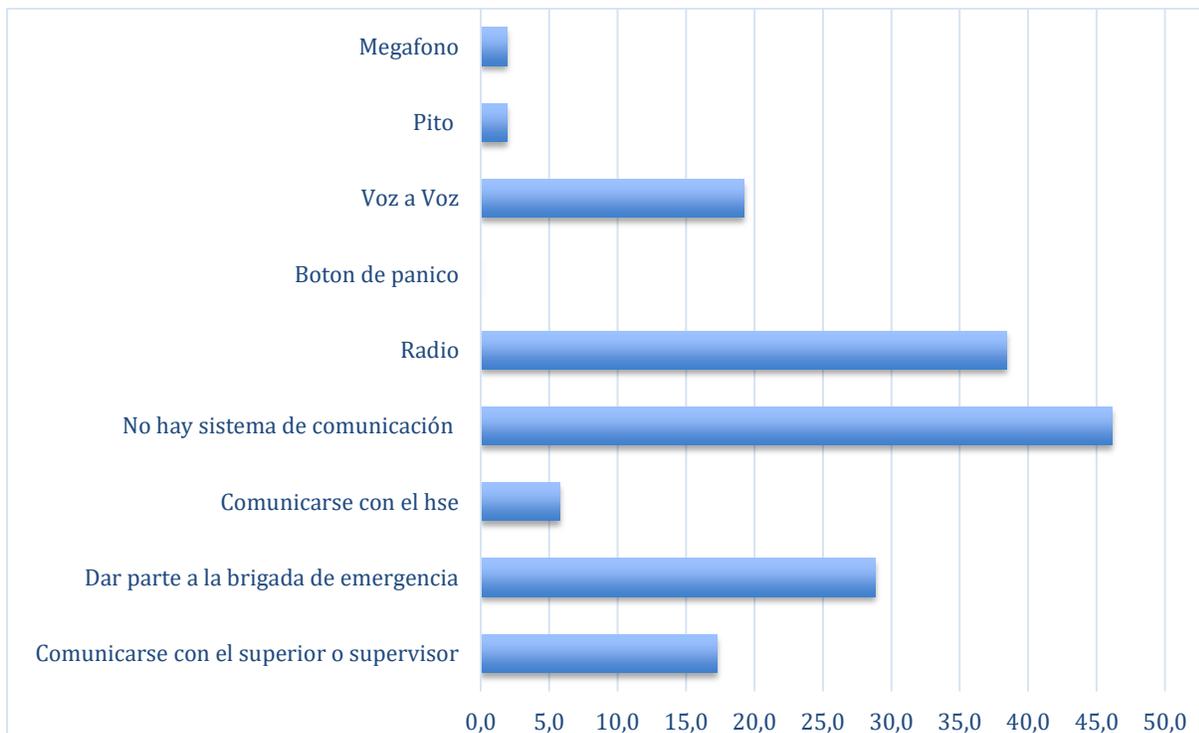
Por otro lado, se encontró que un 71.2 % de los trabajadores no reciben capacitación al inicio de la jornada laboral en el espacio confinado, por lo tanto, se recomienda establecer elementos de protección personal que ayuden al rescate rápido del personal en caso de un accidente o incidente.

Se identificó que un 75 % de los trabajadores no identifican dentro del procedimiento la medición de gases antes de ingresar a trabajar en espacios confinados, por lo tanto, se recomienda la implementación de un dispositivo para medir los gases dentro del lugar de trabajo.

Además, un 88,5 % de los trabajadores no identifican dentro del procedimiento la medición de temperatura antes de ingresar a trabajar en espacios confinados, por lo tanto, se recomienda la implementación de un dispositivo para medir la temperatura dentro del lugar de trabajo.

Y por un último un 88,5 % de los trabajadores no identifican dentro del procedimiento la medición de iluminación antes de ingresar a trabajar en espacios confinados, por lo tanto, se recomienda la implementación de un dispositivo para medir la iluminación dentro del lugar de trabajo.

Figura 2. Metodología para realizar un rescate



Nota. Propiedad de los autores

En el análisis de la pregunta dos se identificó una serie de dimensiones de acuerdo de las respuestas obtenidas, entre estos se encontraron comunicarse con el superior o supervisor, dar parte a la brigada de emergencia, comunicarse con el Hse, no hay sistema de comunicación, radio, botón de pánico, voz a voz, pito, megáfono (Ver Anexo 5).

Se analiza los resultados de la pregunta 2, se concluye que un 46.2 % de los trabajadores no cuenta con sistema de comunicación al momento de requerirse un rescate en el espacio confinado, por ello se recomienda que se establezca un sistema de comunicación como el botón de pánico que permita la atención inmediata.

Un 23.1 % de los trabajadores indicaron que dentro del procedimiento de rescate deben comunicar primero al supervisor y/o Hse para que activen el sistema de rescate, se recomienda incluir botón de pánico para que se comuniquen a cualquier persona disponible para que activen inmediatamente el sistema de rescate.

Se evidencia que un 17,3 % de los trabajadores indicaron que le deben que informan al personal rescatista o brigadas de emergencia, pero no indicaron con qué sistema de comunicación lo hacen, por ello se recomienda incluir un artefacto como el botón de pánico que el aviso se de manera inmediata para que procedan al rescate.

Y otro 17.3 % de los trabajadores deben realizar el aviso por medio de la voz a voz, es decir que no cuentan con un sistema de comunicación definido lo cual puede afectar gravemente el adecuado procedimiento frente a un rescate, por eso se considera la necesidad que incluir el botón de pánico para evitar que la comunicación sea retrasada por ser voz a voz.

A demás un 38.5 % de los trabajadores se deben comunicar la necesidad de un rescate por medio de radio, se considera que el radio es útil, pero hay factores que se pueden considerar pues en ocasiones la comunicación no es siempre estable, el radio se descarga y/o no se encuentre en un lugar disponible, por lo tanto, se recomienda la implementación del botón de pánico dentro de los elementos de protección.

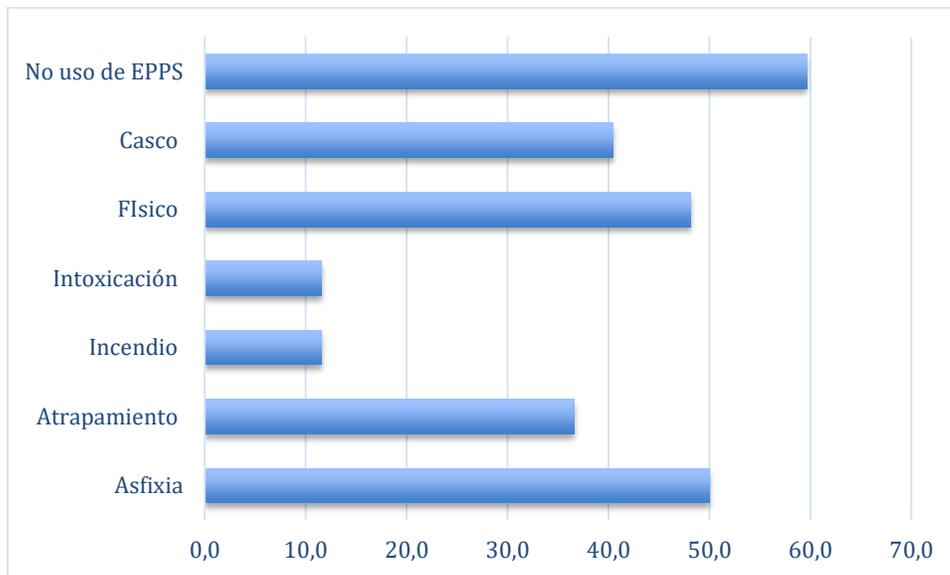
Solo el 1.9 % de los trabajadores encuestados deben utilizar pitos para dar comunicación frente a la necesidad de atención de emergencias, este sistema de comunicación no es eficaz ya que por ser un recinto cerrado se puede interferir el sonido y no llegar a la salida del espacio confinado, por ello se recomienda la implementación de un botón de pánico que informe de manera inmediata la emergencia.

Y otro 1.9 % de encuestados indican que el procedimiento establecido para reportar una emergencia se debe filtrar por medio de un supervisor para que este a su vez realice la comunicación por un megáfono, este sistema de comunicación es bueno sin embargo no es conveniente que solo el Supervisor lo pueda utilizar, puesto que si él no se encuentra dentro del espacio no habría como comunicar la emergencia, por ende se recomienda que se incluya dentro de un elemento de protección personal un botón de pánico para que todos tenga la oportunidad de

informar la emergencia.

De los 52 encuestados ninguno es decir un 0% tienen establecido dentro de su sistema de comunicación el uso de botón de pánico, por ende, se recomienda que se establezca un sistema de comunicación eficaz como lo es el botón de pánico como dispositivo de uso diario.

Figura 3. *Tipos de riesgos identificados*



Nota. Propiedad de los autores

En el análisis de la pregunta tres se identificó una serie de dimensiones de acuerdo de las respuestas obtenidas, entre estos se encontraron asfixia, atrapamiento, incendio, intoxicación, físico, casco, no uso de elementos de protección personal. (Ver Anexo 5.).

Se identifica dentro de la entrevista el factor ASFIXIA e INTOXICACIÓN los cuales

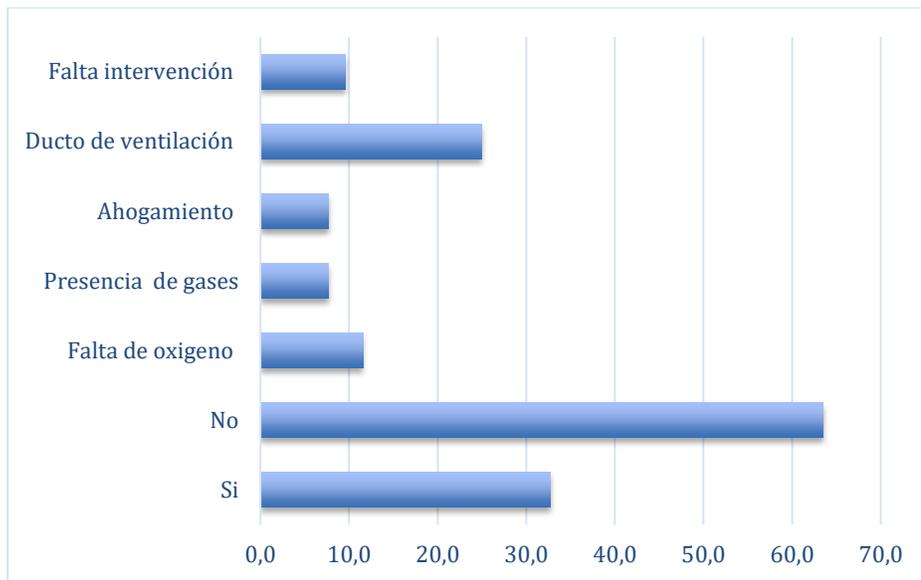
representa dentro de la población encuestada un porcentaje de riesgo del 61,5% , donde se presenta muchas veces debido a los gases que se encuentran dentro de estos espacios, la cantidad de partículas suspendidas en el aire y la poca cantidad de oxígeno, dentro del espacio confinado; debido a esto es necesario para este tipo de población incluir dentro de sus herramientas y/o equipo de protección personal, la identificación en el momento de los gases, el tiempo de exposición de los mismos y por ende la calidad del aire.

Un 36,5 % de los trabajadores encuestados, identifican el atrapamiento como uno de los factores que también pueden tener incidencia en la materialización de algún accidente de trabajo bajo las condiciones de un espacio confinado; por esto se hace importante primero el reconocimiento preliminar de estos espacios confinados; y que el trabajador pueda tener dentro de su equipo de herramientas y es un botón de pánico el cual sea de fácil manipulación y acceso en la situación de atrapamiento.

Dentro de la población trabajadora encuestada identifica el 59,6 % por ciento, que no utilizan o que utilizan parcialmente elementos de protección personal por ende se hace importante y necesario la capacitación en cuanto a estos EPP, condiciones de riesgo y protección de su integridad al realizar su labor.

Otro de los riesgos identificados por la población es el FISICO ya que en un 48.1% por ciento considera que al momento de no identificar y tener los respectivos controles pueden ocasionarse, caídas, fracturas y hasta la muerte dentro de los espacios confinados debido al poco espacio que con el que se cuenta para realizar su labor.

Figura 4. *Presencia de intoxicación en espacios confinados*



Nota. Propiedad de los autores

En el análisis de la pregunta cuatro se identificó una serie de dimensiones de acuerdo de las respuestas obtenidas, entre estos se encontraron falta de oxígeno, ahogamiento, presencia de gases, ducto de ventilación y falta de intervención. (Ver Anexo E).

Se identificó que un 32.7% de los encuestados se han visto involucrados en situaciones de asfixia dentro de un espacio confinado, eso quiere decir que la presencia de vapores o de gases dentro de un espacio confiando es alta, por ello se recomienda la implantación de un dispositivo que mida y reporte constantemente las condiciones en las que se encuentra el lugar con respecto a vapores y gases.

Y un 25 % identifica la necesidad de un ducto de ventilación porque identifican que un

factor predominante es la presentación de vapores y gases, por ello se requiere que se incluya dentro de los elementos de protección de uso diario un medidor de gases para que este haga su función constantemente y evite diferentes situaciones en el lugar de trabajo.

La falta de oxígeno se considera en un 11.5% de los factores más predominantes en situaciones de asfixia en un espacio confinado, este factor se podría minimizar realizando medición de gases constantemente por ello se crea la necesidad de incluirse como elemento o dispositivo necesario para el ingreso actividades dentro de un espacio confinado.

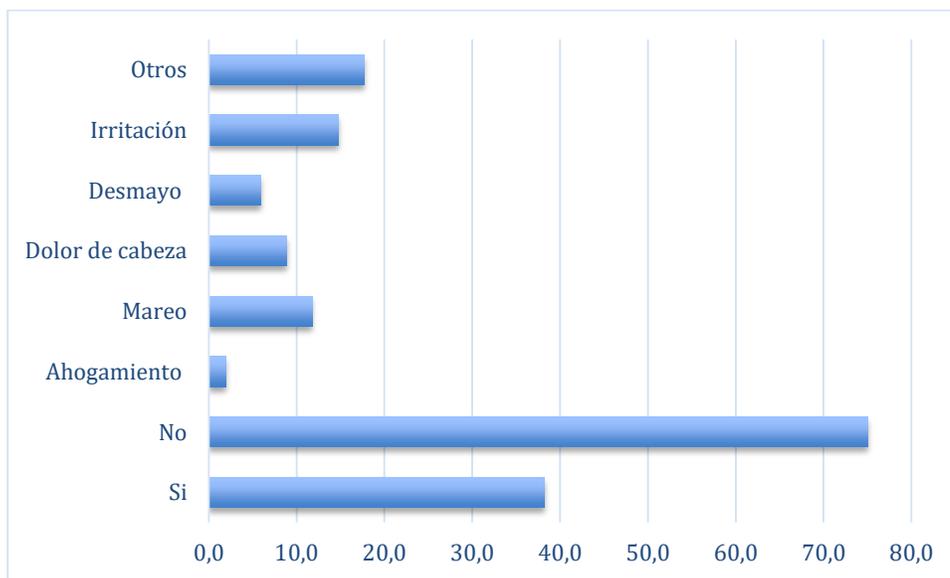
Además, un 7,7 % de los encuestados identifican que la presencia de gases es un factor que intervienen en las situaciones de asfixia, por ende, se recomienda el análisis de manera frecuente las mediciones de gases pero que no sea necesaria la intervención de personas externas, es decir que cuente con el dispositivo dentro de sus elementos de protección personal.

El factor ahogamiento tiene un porcentaje del 7,7, este factor es importante ya que nos da a entender que la presencia de sustancias químicas, vapores o gases es alta y por ello debe realizarse mediciones frecuentemente por medio de un dispositivo que este siempre disponible para los trabajadores.

La falta de intervención por parte de los empleadores para evitar la asfixia es un 9,6 %, se recomienda que se incluya como factor de intervención el medidor de gases en uno de los elementos de protección para que este haga su función cuantas veces crea necesaria.

De los 52 encuestados un 63,5 % no han presentado Asfixia dentro de un espacio confinado, sin embargo, cabe destacar que gracias a la medición de gases se ha podido evitar este tipo de situaciones, por ende, se hace la recomendación para innovar e incluir un medidor de gas dentro de los elementos de protección para que esta medición sea constante y la información sea reportada de manera satisfactoria.

Figura 5. *Otros factores presentados por asfixia en espacios confinados*



Nota. Propiedad de los autores

En el análisis de la pregunta número cinco se identificó una serie de dimensiones de acuerdo de las respuestas obtenidas, entre estos se encontraron ahogamiento, mareo, dolor de cabeza, desmayo e irritación. (Ver Anexo 5).

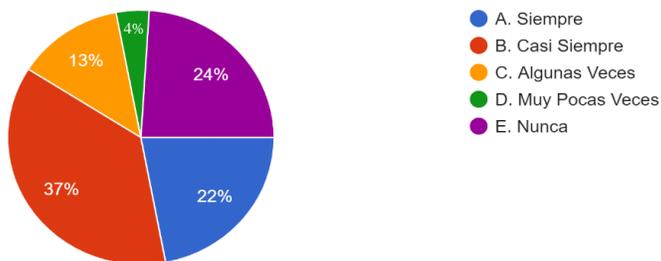
Se identifica dentro de la entrevista en su pregunta número cinco que el 75 por ciento de

la población no ha presentado intoxicación dentro de un espacio confinado, mientras el 25 por ciento de la población asegura haber presentado intoxicación, por esta razón se debe tener prioridad sobre las condiciones de salud de los trabajadores, mitigando los riesgos y estableciendo controles como alertas e identificación de gases; que es lo que se requiere incluir por medio de la inclusión del casco.

7.2.4. Tabulación y conclusiones de la encuesta.

Pregunta 1. ¿Alguna vez ha estado expuesto al riesgo de atrapamiento en un espacio confinado y ha tenido la necesidad de generar una alerta de forma inmediata?

Figura 6. Exposición a riesgo de atrapamiento

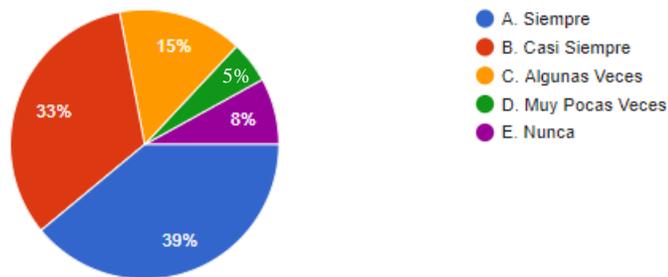


Nota. Propiedad de los autores.

El 72% de los trabajadores, algunas veces, casi siempre o siempre, han estado expuestos a riesgo de atrapamiento y han tenido la necesidad de generar una alerta de forma inmediata, por lo que es recomendable colocar en el casco el botón de pánico, con el fin de poder realizar una solicitud de ayuda de forma ágil y concreta.

Pregunta 2. ¿En los accidentes o incidentes en los cuales ha visto involucrado, cree usted que la reacción por parte del personal externo hubiese sido eficaz si hubiera generado una alarma de parte suya?

Figura 7. *Reacción del personal externo*

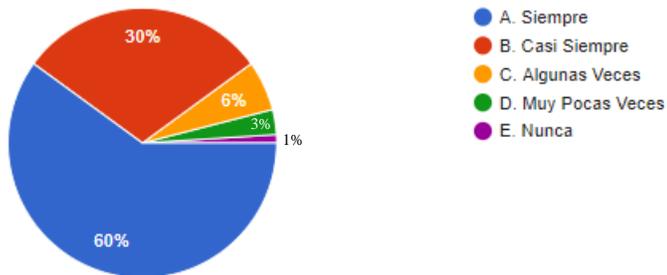


Nota. Propiedad de los autores.

El 87% de los trabajadores, siempre, casi siempre o algunas veces, creen que generar una alarma para anunciar un accidente o incidente la reacción por parte del personal externo es más eficaz, por lo tanto, se identifica la necesidad de incluir dentro del casco de protección un botón de pánico para anunciar de manera rápida cualquier situación que se pueda estar presentando.

Pregunta 3. Teniendo en cuenta que en el interior de los espacios confinados pueden ocurrir intoxicaciones y/o explosiones generadas por la mezcla de diferentes tipos de sustancias, ¿cree usted que es necesaria la identificación de estas sustancias dentro de su lugar de trabajo?

Figura 8. *Identificación de sustancias*

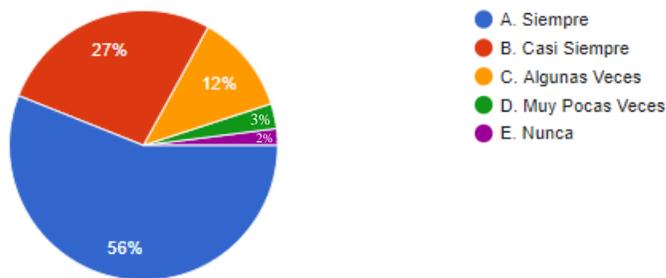


Nota. Propiedad de los autores.

El 96% de los trabajadores siempre, casi siempre y algunas veces que realizan actividades en espacios confinados ven la necesidad de identificar todas las sustancias que puedan estar presentes en el medio, por ello se considera necesario incluir un medidor de gas en el casco para que este haga su función las veces que sea necesario con el fin de evitar intoxicaciones o explosiones.

Pregunta 4. El nivel de iluminación de un espacio confinado es variable de acuerdo con la actividad que se va a realizar, ¿cree usted que es necesario incluir dentro de su indumentaria un medidor de iluminación con el fin de poder trabajar con condiciones adecuadas?

Figura 9. Nivel de iluminación

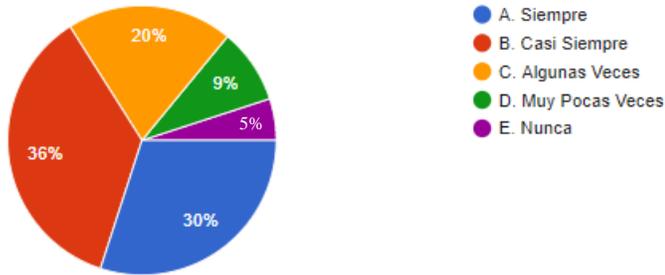


Nota. Propiedad del autor.

El 95% de los trabajadores, siempre, casi siempre o algunas veces consideran que es necesario incluir dentro de su indumentaria un medidor de iluminación con el fin de tener un lugar de trabajo en condiciones adecuadas, por lo tanto, es recomendable incluir en el casco un medidor de iluminación con el propósito de obtener la respectiva información lumínica del lugar de trabajo, con el fin de realizar la debida adecuación.

Pregunta 5. La mezcla de una variación brusca de temperatura y la emisión de gases dentro de un espacio confinado consiguen crear ambientes inestables que pueden producir accidentes laborales, ¿cuándo usted ingresa tiene conocimiento previo de la temperatura a la cual se va a exponer?

Figura 10. Nivel de temperatura

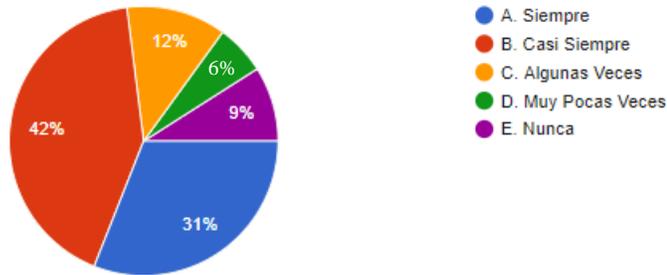


Nota. Propiedad de los autores.

El 70 % de los trabajadores casi siempre, algunas veces, muy pocas veces y nunca tienen conocimiento previo de la temperatura a la cual se va a exponer, por lo tanto, se requiere incluir un medidor de gases y botón de pánico en el casco de protección para que se puedan evitar diferentes situaciones y si se presentan puedan ser atendidas de manera inmediata.

Pregunta 6. Los gases que se producen dentro de un espacio confiado tienen un tiempo máximo de exposición con el fin de no afectar la salud de los seres humanos, ¿Teniendo en cuenta lo anterior le han socializado el tiempo máximo que puede estar expuesto dentro de su lugar de trabajo?

Figura 11. Riesgo de exposición a gases

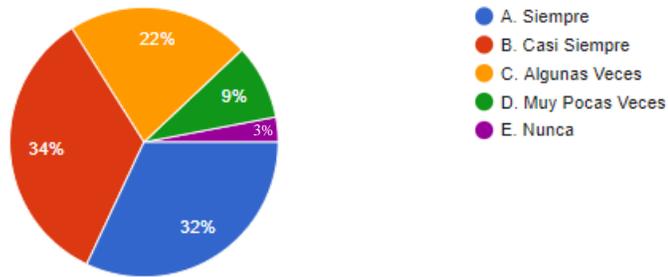


Nota. Propiedad de los autores.

El 71% de los trabajadores, nunca, muy pocas veces, algunas veces y casi siempre, tienen conocimiento de los gases a los que van a estar expuestos en el espacio confinado, por lo tanto, es recomendable que la medición de gases sea constante y esté incluido dentro del casco, con la finalidad de que la información registrada esté en tiempo real y al alcance del trabajador y así evitar incidentes y accidentes en los lugares de trabajo.

Pregunta 7. ¿Cuándo realiza su labor dentro de un espacio confinado, estos lugares tienen instalados ductos o equipos con el fin de que la calidad del aire este de dentro de los límites permitidos?

Figura 12. *Calidad del aire en un espacio confinado*

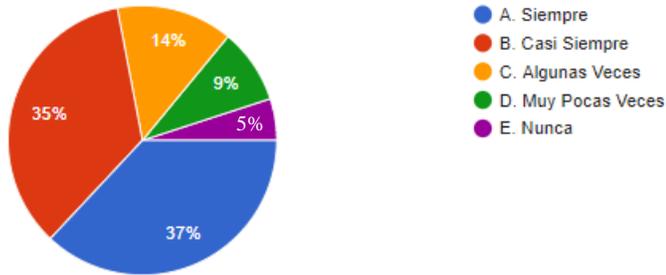


Nota. Propiedad de los autores.

El 66% de los trabajadores, nunca, muy pocas veces, algunas veces y casi siempre han estado expuestos a espacios confinados sin ductos o equipos que mejoren la calidad del aire dentro del lugar de trabajo, por lo tanto, se recomienda instalar un medidor de gases en el casco para tener registro al instante de los niveles de gases y de esta forma disminuir el riesgo de accidente por asfixia.

Pregunta 8. ¿En los espacios confinados en donde usted ha trabajado cuentan con una persona encargada de la vigilancia de las condiciones de los trabajadores que ingresar a su lugar de trabajo?

Figura 13. Supervisión en el área

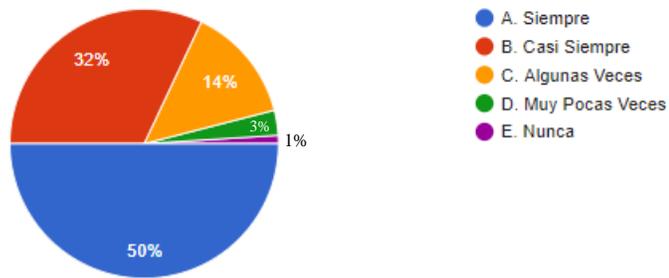


Nota. Propiedad de los autores.

El 63% de los trabajadores, nunca, muy pocas veces, algunas veces y casi siempre, establecen carencia de vigilancia externa asignada por parte de empleador, por lo que se recomienda incluir en el casco un dispositivo de ubicación y alarma con el propósito de obtener registro frecuente del trabajador en caso de una emergencia.

Pregunta 9. ¿Cree usted que sería más rápido de encontrar a un trabajador lesionado o que presente alguna emergencia si este cuenta con un dispositivo de ubicación asociado a sus elementos de protección personal?

Figura 14. *Dispositivo de ubicación*

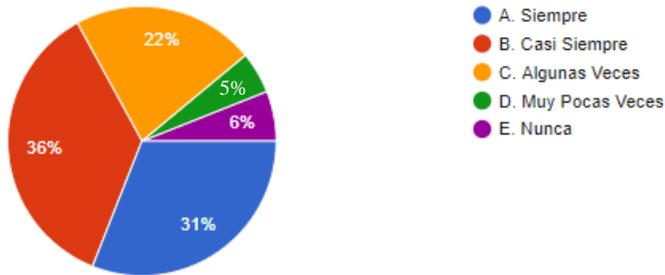


Nota. Propiedad de los autores.

El 82% de los trabajadores siempre y casi siempre ven la necesidad de un incorporar un dispositivo de ubicación espacial y geográfica, por ello se considera necesario incluir un artefacto de geolocalización adherido al casco con el fin de poder ubicar al trabajador después algún evento de emergencia en el cual no se pueda ubicar a este.

Pregunta 10. Con el fin de aumentar la seguridad de los trabajadores en espacios confinados se desea realizar una modificación de los elementos de protección personal, por lo tanto, ¿es importante saber si durante sus actividades laborales le afecta el peso de sus elementos de protección personal?

Figura 15. Elementos de protección personal



Nota. Propiedad de los autores.

El 67% de los trabajadores, siempre y casi siempre les afecta el peso que genere los elementos de protección personal sobre ellos, por lo tanto, se recomienda que el casco con sus características adicionales sea lo más liviano posible.

7.3. Estudio de ingeniería Conceptual

Para el estudio de ingeniería conceptual se tuvo en cuenta los resultados anteriormente obtenidos en donde se especifica la necesidad de un casco que cuente con GPS, Medidor de iluminación, Botón de pánico e identificador de gases, el diseño se realiza por medio del programa Solid Edge (también se puede visualizar en Solidworks) teniendo como objetivo los materiales requeridos para la estructura del casco y que el peso no afecte la salud del trabajador.

7.3.1. Memoria descriptiva

El localizador GPS a implementar nos permite monitorear en tiempo real la posición de la

persona que porta el localizador, la visualización es en tiempo real de la ubicación y trayectoria por medio del dispositivo sobre mapas digitales actualizados.

Tabla 5 *Ficha técnica GPS*

Contenido	Especificaciones
Color	Negro
Peso	50 gramos
Alertas	Batería baja Encendido y apagado
Autonomía de trabajo	14 horas
Duración batería	30 horas
Tamaño	65x30x18 mm
Batería	1000 mAh
Temperatura de trabajo	-20°c a +55°c
Antenas internas	GSM/ GPS

Nota. Propiedad del proveedor

En la tabla 5. Podemos encontrar las especificaciones técnicas del GPS, además cuenta con un botón de encendido, es resistente al agua, las alertas son reportadas vía email y el consumo de batería es bajo.

El dispositivo que envía señal de pánico que se instalara en el casco, es inalámbrico su señal se recibe por un sistema de monitoreo con un código único esto permite su uso individual.

Tabla 6 *Ficha técnica botón de pánico*

Contenido	Especificaciones
Color	Rojo/gris
Peso	10 gr
Alertas	Confirmación de dos segundos
Alcance	20 m
Duración batería	Hasta 5 años
Peso	16 gr
Batería	3 VCB
Temperatura de trabajo	10° c a 49°c
Uso	Para uso de interiores

Nota. Propiedad del proveedor

En la tabla 6. Se describe las especificaciones técnicas del botón de pánico, además es resistente al agua y al polvo, su batería es de litio esto para mayor durabilidad.

El luxómetro es un dispositivo de medición que registra, graba y permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente.

Tabla 7 *Ficha técnica luxómetro*

Contenido	Especificaciones
Memoria	32.000 lecturas
Tasa de medición	2s a 24 h

Rango de medición	0 a 40kLux / 0 a 37 Kfc
Precisión	+/- 5%
Tiempo de calentamiento del equipo	Menos de 2 seg
Dimensiones	65x30x18 mm
Peso	15 gr

Nota. Propiedad del proveedor

En la tabla 7. Encontramos las especificaciones técnicas del luxómetro, este además cuenta con un botón manual de encendido, genera alerta de toma de datos y de baja batería, cuenta con un software para análisis.

El medidor de gases se utiliza principalmente para detención y medición de gases presentes en la atmosfera es decir en campos abiertos o en espacios confinados.

Tabla 8 *Ficha técnica medidor de gases*

Contenido	Especificaciones
Dimensiones	68x32x20 mm
Peso	25 gr
Precisión	Alarma nivel bajo 35 ppm, nivel alto 200 ppm
Temperatura de trabajo	-20°C a + 52°C
Rango	0-300 ppm
Batería	Litio
Memoria de mediciones	50 Horas con una cuota de 10s

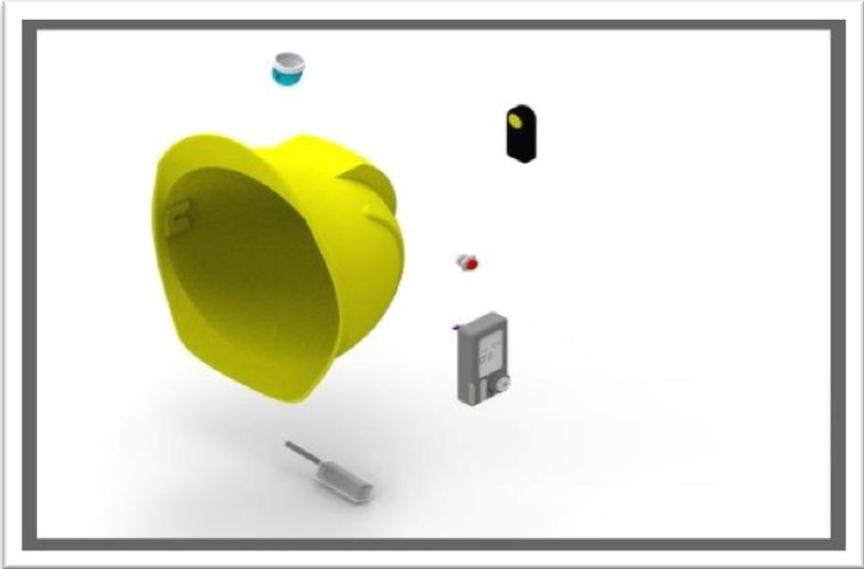
Medición	Nivel de Co
<i>Nota.</i> Propiedad del proveedor	

En la tabla 8. Se describe las especificaciones técnicas del medidor de gases, este dispositivo debe ser calibrado de forma periódica, este puede durar hasta 19 horas y es manejable con un solo botón.

7.3.2. Layout

Se realiza el diseño del casco con las características necesarias en el software Solid Edge, con el fin de visualizar como queda el prototipo del casco.

Figura 16. . *Desarrollo del casco en el software Solid Edge*



Nota. Propiedad de los autores.

Figura 17. Casco Renderizado



Nota. Propiedad de los autores

Para el modelado del casco se utilizaron materiales como polipropileno, metal ligero, plástico, circuitos pequeños para cada uno de los dispositivos incorporados, lo cual genero un peso total de 0,839 kg.

7.3.3. Descripción de los elementos del casco

Figura 18 Botón de pánico



Nota. Propiedad de los autores

El botón de pánico se encuentra ubicado en la parte lateral-frontal izquierda del casco, con el objetivo de ser accionado en el momento en que el trabajador se vea envuelto en una emergencia, este dispositivo emite una señal de alerta que llega al exterior del espacio confinado.

Figura 19 *Medidor de gases*

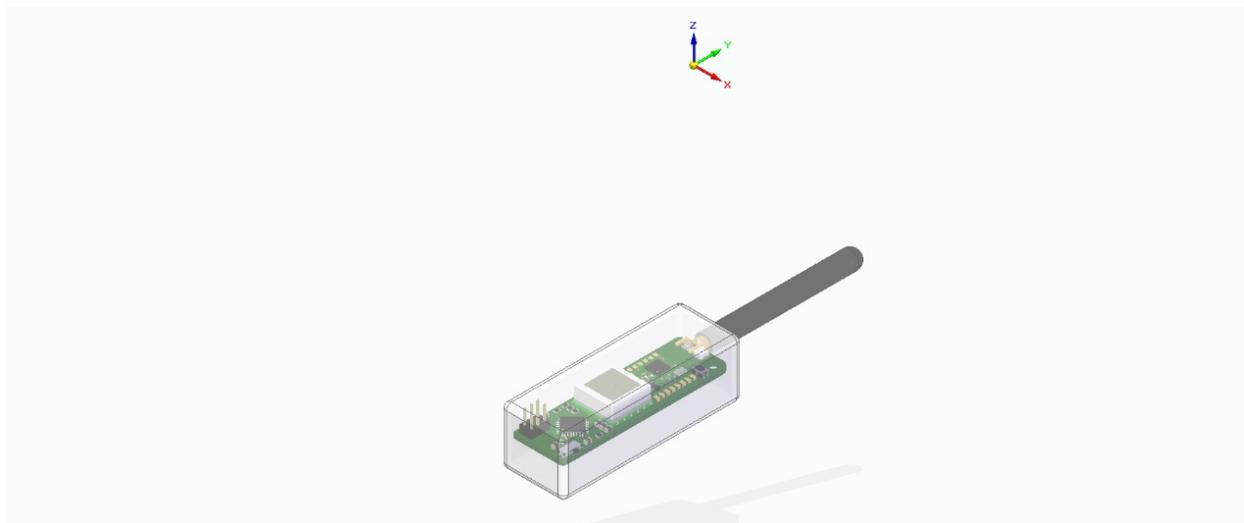


Nota. Propiedad de los autores

El medidor de gases es un dispositivo se encuentra ubicado en la parte lateral izquierda y

cuenta con una pantalla led en la cual se registran y evidencian la concentración de gases presentes en el espacio confinado, adicional emite una señal de alarma cuando los gases superan los limites permisibles de ingesta para el hombre, cuando el dispositivo emite la señal el trabajador debe detener sus actividades y salir de su lugar de trabajo.

Figura 20 *GPS*



Nota. Propiedad de los autores

El GPS se encuentra ubicado en la parte posterior del casco, y su función se activa únicamente desde el exterior, dado el caso que el trabajador quede atrapado en el espacio confinado, este emita una señal a un computador y genere la ubicación del colaborador para realizar el debido rescate.

Figura 21 *Luxómetro*



Nota. Propiedad de los autores

El luxómetro se ubica en la parte superior del casco con el fin de realizar una medida precisa de la iluminación en la que se encuentra realizando actividades el trabajador, cuando el luxómetro emite una señal de alerta es porque las condiciones lumínicas cambiaron y se debe realizar un ajuste, en ese momento el trabajador debe reportar la nueva condición.

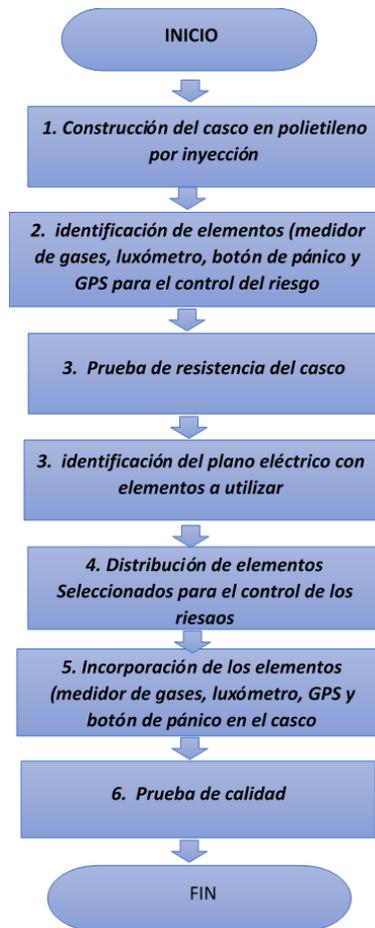
7.3.4. Diagrama de flujo proceso constructivo

Se establece el proceso constructivo del casco y sus características, con el fin de identificar paso a paso cada uno de los momentos por los que debe pasar el elemento de protección personal y sus componentes.

Se define producir el caso en una maquina propia, por esta razón se especifica el material del casco y proceso por el cual se va a construir, adicional se adhieren las características que se identificaron como necesarias para el desarrollo de un elemento de protección personal acorde a

las actividades realizadas en espacios confinados, se realiza la prueba de resistencia del casco y se realiza la prueba de calidad para el casco y las características adicionales.

Figura 22. Diagrama de flujo



Nota. Propiedad de los autores.

8. Conclusiones

Como medida preventiva válida para este tipo de actividades es la implementación de un GPS y un botón de pánico, el primero es de gran ayuda ya que muchas veces el trabajador que presenta el accidente es difícil de ubicar para su rescate e igualmente es útil para llevar un monitoreo en tiempo real de la ubicación de su trabajador; el botón de pánico es una de las medidas más innovadoras que podríamos aplicar como una medida de prevención de seguridad para los trabajadores en los espacios confinados ya que es una herramienta muy sencilla y eficaz porque nos da una alerta del estado o de la situación que está presentando el trabajador y así llegar a efectuarse una mejor atención de emergencia.

Estas medidas propuestas anteriormente buscan proteger su salud y fortalecer la seguridad en este tipo de trabajo denominado de alto riesgo.

El 50% de los trabajadores tiene dentro de su procedimiento establecido el uso de elementos de protección personal para realizar trabajos en espacios confinados, por lo que se recomienda la implementación de otras herramientas en los elementos de protección personal más usados.

Un 36,5 % de los trabajadores encuestados, identifican el atrapamiento como uno de los factores que también pueden tener incidencia en la materialización de algún accidente de trabajo bajo las condiciones de un espacio confinado; por esto se hace importante primero el reconocimiento preliminar de estos espacios confinados; y que el trabajador pueda tener dentro

de su equipo de herramientas y elementos de protección personal un botón de pánico el cual sea de fácil manipulación y acceso en la situación de atrapamiento.

Un 90.4% de los trabajadores no identifican dentro del procedimiento la medición de iluminación antes de ingresar a trabajar en espacios confinados, por lo tanto, se recomienda la implementación de un dispositivo para medir la iluminación dentro del lugar de trabajo.

9. Recomendaciones

Se identifican las principales características de pérdida de vida de trabajadores en espacios confinados por medio de la recopilación y el análisis de fuentes secundarias de accidentes graves identificados a nivel nacional, los cuales se representaron en factores que ayudarían a la selección de las herramientas que llevaría este EPP “casco” en la identificación y mitigación del riesgo.

Del establecimiento de los formatos RAE los cuales representan el resumen analítico; aplicado a cada uno de los casos seleccionados; donde se identificaron los principales factores que ocasionaban los decesos en la población trabajadora de espacios confinados; fue necesario como insumo para el desarrollo final y diseño del casco.

Para el desarrollo del segundo objetivo se tienen en cuenta los factores identificados de los casos en espacios confinados y se plasman dentro de los instrumentos seleccionados encuesta y entrevista para aplicarlos directamente a la población que desempeña funciones en espacios confinados.

Cómo medida preventiva se recomienda al sector minero y demás sectores que realicen trabajos en espacios confinados establecer y mejoramiento de los procedimientos de rescate para las eventualidades que se puedan presentar en los espacios confinados.

Se recomienda realizar capacitaciones e inducciones a los trabajadores sobre el uso y

manejo de los elementos de seguridad en este caso el casco que es uno de los elementos de protección individual que se utiliza cuando los riesgos presentes en un lugar de trabajo no se evitan con protección colectiva.

Este casco de seguridad y los demás elementos añadidos al mismo debe ser utilizado exclusivamente para lo que ha sido diseñado, teniendo en cuenta la identificación anterior de las principales características de muertes en este medio y la identificación de los principales factores.

Referencias

García Hurtado, a. and Realpe Rivera, j., 2014. desarrollo del procedimiento de trabajo seguro (pts) para las actividades que se realizan en espacios confinados de la universidad icesi.

Resolución MinTrabajo 0491 de 2020 – Desarrollo de Trabajo en Espacios Confinados - Asociación Colombiana de Minería. (2020). Retrieved 10 November 2020, from <https://acmineria.com.co/normativa/resolucion-mintrabajo-0491-de-2019/>

ARL SURA - Riesgos Laborales - ARL - Generalidades - Espacios confinados. (2020). Retrieved 10 November 2020, from <https://www.arlsura.com/index.php/304-espacios-confinados-tar/3856-generalidades-%20%20%20%20espacios-confinados>

Departamento de trabajo de los Estados Unidos (2020). Retrieved 10 November 2020, from <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.146>

CDC - Espacios confinados - Temas de salud y seguridad de NIOSH. (2020). Retrieved 10 November 2020, from <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/topics/confinados.html>

Colombia…, C. (2020). Cómo le fue a Colombia en accidentalidad, enfermedad y muerte laboral en 2018. Retrieved 10 November 2020, from <https://ccs.org.co/como-le-fue-a-colombia-en-accidentalidad-enfermedad-y-muerte-laboral-en-2018/>

(2020). Retrieved 10 November 2020, from <http://trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NT-12-Espacios-Confinados.pdf>

Medición de Gases y vapores - Zwei Ingeniería -. (2020). Retrieved 10 November 2020, from <https://www.zwei-ingenieria.com.ar/medicion-de-gases-y-vapores.php>

Guía práctica sobre iluminación en espacios confinados. Ministerio de trabajo y protección social (2016). Retrieved 10 November 2020, from https://www.srt.gob.ar/wpcontent/uploads/2016/08/Guia_practica_1_Iluminacion_2016.pdf

Espacios confinados investigaciones realizadas en Colombia (2018). Retrieved 10 November 2020, from <http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/2176/Juan%20Sebastian%20Taborda%20Casella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

:: Portal Colpatria :: [DECRETO_1335_1987]. (2020). Retrieved 10 November 2020, from https://www.axacolpatria.co/arpc/arpc/docs/decreto_1335_1987.htm

Ministerio de trabajo y de seguridad social (29 de mayo de 1979) Resolución 2400 de 1979 <http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf>

RESOLUCIÓN 0491 DE 2020 Resumen Norma Espacios Confinados. (2020). Retrieved 10

November 2020, from <https://deseguridadysalud.com/resolucion-0491-de-2020-novedades-norma-espacios-confinados/>

(2020). Retrieved 10 November 2020, from

http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf

Geo-track.com. 2020. [online] Available at: [https://geo-](https://geo-track.com/images/productos/geolocator/Ficha-Tecnica-GeoLocator-GL-300-Agosto-2014.pdf)

[track.com/images/productos/geolocator/Ficha-Tecnica-GeoLocator-GL-300-Agosto-2014.pdf](https://geo-track.com/images/productos/geolocator/Ficha-Tecnica-GeoLocator-GL-300-Agosto-2014.pdf)

Industriasociadas.com. 2020. [online] Available at: <http://industriasociadas.com/wp-content/uploads/2016/03/DT-185.pdf>

Larson Electronics. (2020). Retrieved 19 November 2020, from

<https://es.larsonelectronics.com/blog/2017/01/10/confined-space/low-voltage-lights-confined-spaces-wet-locations>

TROVOS. (2019). Retrieved 19 November 2020, from <https://www.trovos.es/que-verificar-antes-de-ingresar-a-un-espacio-de-trabajo-confinado/>