

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Tesis

**Implementación de tecnología de sensores de  
proximidad para reducir riesgos en la mina  
Andaychagua**

Favio Huamani Cardenas

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

**A** : Felipe Gutarra Meza  
Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Darwin Celin Padilla Gutierrez  
Asesor de tesis  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 28 de junio de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

**IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍA DE SENSORES DE PROXIMIDAD PARA REDUCIR RIESGOS EN LA MINA ANDAYCHAGUA.**

Autor:

Favio Huamani Cardenas – EAP Ingeniería eléctrica

Se precedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las incidencias resaltadas por el software dando un resultado de 16 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
Nº de palabras excluidas (Nº de palabras excluidas: 00 ) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera dar mis agradecimientos a:

En primer lugar, agradezco a Dios por acompañarme y protegido todos los días, también brindarme todos los conocimientos para poder culminar este proyecto y cumplir uno de mis objetivos y llegar a la cima del éxito.

Agradezco a los ingenieros Miguel Ángel Córdova y Darwin Padilla Gutiérrez, por haberme brindado las enseñanzas y compartido los conocimientos, además orientado en el desarrollo de mi proyecto.

A mi amada esposa e hijas que me dan la fuerza y el apoyo moral para seguir adelante y a todas las personas que de una y otra forma me dieron ese granito de arena para poder realizar el presente estudio.

## **DEDICATORIA**

A las personas que me apoyaron en el desarrollo de esta investigación, en especial a mi esposa e hijas y a mi padre que me encamino desde muy pequeño a seguir luchando y ahora está en el más allá, que me dan la fuerza y el apoyo moral para seguir adelante y llegar hasta este objetivo.

# ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>2</b>
1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.1.1 Problema general .....	3
1.1.2 Problemas específicos .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	3
1.3.1 Justificación social .....	3
1.3.2 Justificación práctica .....	4
1.3.3 Justificación Técnica .....	4
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO .....	4
1.4.1 Delimitación Espacial .....	4
1.4.2 Delimitación Temporal .....	4
1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES .....	5
1.5.1 Hipótesis General .....	5
1.5.2 Hipótesis Específicas .....	5
1.5.3 Descripción de variables .....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	6
2.1.1 Antecedentes Nacionales .....	6
2.1.2 Antecedentes Internacionales .....	8
2.2 BASES TEÓRICAS .....	11
2.2.1 Sensor de proximidad .....	11
2.2.2 Fases .....	14
2.2.3 Reducción de riesgos .....	15

2.2.4	Índice de Frecuencia .....	17
2.3	DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS BÁSICOS .....	17
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>		<b>18</b>
3.1	MÉTODO, TIPO O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
3.1.1	Método de la investigación .....	18
3.1.2	Alcances de la investigación .....	18
3.1.2.1	Tipo de investigación .....	18
3.1.2.2	Nivel de investigación.....	19
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
3.3	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	19
3.3.1	Población.....	19
3.3.2	Muestra .....	19
3.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	20
3.4.1	Técnicas .....	20
3.4.2	Instrumentos de recolección de datos .....	20
3.5	MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.5.1	Materiales.....	20
3.5.1.1	Características del producto .....	22
3.5.1.2	Especificaciones Técnicas.....	22
3.5.1.3	Capacidad de detección.....	23
3.5.2	Métodos.....	24
3.5.2.1	Instalación .....	24
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>29</b>
4.1	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	29
4.1.1	Planificación para la implementación de los sensores .....	29
4.1.1.1	Cronograma de actividades .....	29
4.1.1.2	Etapas.....	30
4.1.1.3	Recolección de información.....	31
4.1.2	Instalación de los sensores .....	31
4.1.2.1	Diseño .....	31
4.1.2.2	Resultados de las pruebas en los sensores.....	35
4.1.3	Evaluación de la Reducción de Riesgos después de la Implementación.....	42
4.1.3.1	Accidentes .....	42

4.1.3.2 Índice de Frecuencia .....	44
4.1.3.3 Identificación de Peligros/Aspectos, Evaluación de Riegos y Controles (IPERC).....	46
4.1.3.4 Inspección .....	47
4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	47
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	49
5.2 RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ANEXOS.....	55



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Especificaciones Técnicas del sistema de detección de radar 1T1R.....	23
Tabla 2.	Actividades desarrolladas en marzo de 2023 .....	29
Tabla 3.	Actividades desarrolladas en abril de 2023 .....	30
Tabla 4.	Tabla de Prueba del Sensor de Proximidad .....	35
Tabla 5.	Cantidad de accidentes antes y después de la implementación.....	43
Tabla 6.	Índice de Frecuencia antes y después del estudio .....	45

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Sensor inductivo.....	12
Figura 2.	Sensor capacitivo. ....	13
Figura 3.	Sensor ultrasónico. ....	13
Figura 4.	Sensor óptico.....	13
Figura 5.	Sensor magnético .....	14
Figura 6.	Fases de implementación.....	15
Figura 7.	Causas de accidentes en minas subterráneas .....	16
Figura 8.	Riesgos en el sector de la minería .....	16
Figura 9.	Niveles de prevención de riesgos laborales .....	17
Figura 10.	Zumbador y cable de transición monitor .....	21
Figura 11.	Cable de transición y extensión .....	21
Figura 12.	Almohadilla de silicona y caja de control.....	21
Figura 13.	Sensor de proximidad.....	22
Figura 14.	Capacidad de detección de radar 1T1R. ....	24
Figura 15.	Diagrama de instalación del sensor. ....	25
Figura 16.	Montaje de la de caja de control. ....	25
Figura 17.	Ubicación de la caja de control. ....	25
Figura 18.	Instalación del cable de alimentación. ....	26
Figura 19.	Instalación del cable de zumbador y sensores. ....	26
Figura 20.	Realizando agujeros con taladro para ubicar el sensor. ....	27
Figura 21.	Instalación y la ubicación del sensor. ....	27
Figura 22.	Sensor de proximidad en la parte delante. ....	28
Figura 23.	Sensor de proximidad posterior. ....	28
Figura 24.	Etapas de la implementación de tecnología de sensores .....	31
Figura 25.	Posición del sensor de proximidad delantero.....	32
Figura 26.	Posición del sensor de proximidad posterior .....	33
Figura 27.	Posición de la caja de control, zumbador y luz led .....	34
Figura 28.	Diseño completo de la instalación en el vehículo .....	34
Figura 29.	Personal en la Posición 1 y 2 .....	36
Figura 30.	Personal en la Posición 4 y 10. ....	37
Figura 31.	Personal en la posición 11, 12 y 13.....	38
Figura 32.	Personal en la posición 17 y 20.....	39
Figura 33.	Personal en la posición 6 y 7.....	40

Figura 34. Personal en la posición 8 y 9.....	41
Figura 35. Equipo en la posición 14 y 19.....	42
Figura 36. Antes y después de la cantidad de accidentes. ....	43
Figura 37. Índice de Frecuencia entre el antes y después de la implementación. ....	45
Figura 38. Matriz de Evaluación de Riesgos .....	46

## RESUMEN

La presente investigación se enfoca en la implementación de tecnología de sensores de proximidad con la finalidad de mitigar los riesgos en la mina Andaychagua. Se empleó una metodología de investigación aplicada de nivel descriptivo, respaldada por un diseño experimental. La población de estudio incluyó 11 equipos de sostenimiento en shotcrete, así como lanzadores y transportadores de shotcrete, toda propiedad de Robocon Servicios S.A.C. en la mina Andaychagua, además de 20 trabajadores del área para evaluar la conformidad con la implementación de la tecnología de sensores en la mina. Para obtener información relevante, se emplearon técnicas de observación y encuestas.

Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos de la investigación. En primer lugar, se llevó a cabo una fase de planificación, seguida por la instalación de sensores, donde se comprobó la influencia de la distancia en el sonido emitido por el zumbador. Además, se determinó la reducción de riesgos utilizando el índice de frecuencia antes y después de la implementación de los sensores, observando una disminución de más del 50% en comparación con el inicio del estudio, Esto indica un impacto positivo en la reducción de riesgos como el choque de equipos y atropellamiento dentro de la mina. Por último, se llevó una etapa de control, donde se utilizó una hoja de inspección para monitorear continuamente del funcionamiento de los sensores de proximidad.

En conclusión, con la implementación de tecnología de sensores de proximidad en la mina Andaychagua se ha contribuido significativamente a aumentar la seguridad del sistema. Esto ha permitido reducir los incidentes al operar los equipos dentro de la mina subterránea y evitar pérdidas en el proceso.

**Palabras clave:** Tecnología de sensores de proximidad, Mitigación de riesgos, Mina Andaychagua, Seguridad del sistema Reducción de incidentes.

## ABSTRACT

This research focuses on the implementation of proximity sensor technology in order to mitigate risks at the Andaychagua mine. A descriptive applied research methodology was used, supported by an experimental design. The study population included 11 shotcrete holding equipment, as well as shotcrete launchers and conveyors, all owned by Robocon Servicios S.A.C. at the Andaychagua mine, in addition to 20 workers in the area to assess compliance with the implementation of sensor technology at the mine. Observation and survey techniques were used to obtain relevant information.

The results obtained meet the research objectives. First, a planning phase was carried out, followed by the installation of sensors, where the influence of distance on the sound emitted by the buzzer was tested. In addition, risk reduction was determined using the frequency index before and after the implementation of the sensors, observing a decrease of more than 50% compared to the beginning of the study, indicating a positive impact on the reduction of risks such as equipment collision and running over inside the mine. Finally, a control stage was carried out, where an inspection sheet was used to continuously monitor the functioning of the proximity sensors.

In conclusion, the implementation of proximity sensor technology at the Andaychagua mine has contributed significantly to increase the safety of the system. This has allowed reducing incidents when operating the equipment inside the subway mine and avoiding losses in the process.

**Keywords:** Proximity sensor technology, Risk mitigation, Andaychagua mine, System safety, Incident reduction.

# INTRODUCCIÓN

El presente estudio de investigación, se basa en instalar un sistema de seguridad que utiliza la tecnología sistema de detección de radar 1T1R y sensores de proximidad en los equipos pertenecientes a la empresa Robocon Servicios S.A.C., a través de la implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua, en la que podemos aprovechar la tecnología existente en la actualidad.

El estudio resulta de interés debido a los incidentes observados, que abarcan desde choques hasta contratiempos, y también por la insatisfacción manifestada por los operarios con respecto a la maquinaria en la mina de Andaychagua, donde se ha implementado un sistema de seguridad. Además, como medida preventiva y para salvaguardar su integridad, los operadores cuentan con una alerta que les notifica la presencia de cualquier objeto cercano a sus equipos, ya sean otros equipos, personas u otro objeto.

El objetivo de este estudio, es utilizar la tecnología de sensores de proximidad en los equipos de la mina Andaychagua de la empresa Robocon Servicios S.A.C. para reducir los riesgos, además se buscó minimizar los accidentes, incidentes y mejorar las pérdidas en el proceso durante las actividades.

Este estudio está organizado en cinco capítulos principales:

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación del problema, problema general y específico, objetivos generales y específicos, justificación e importancia.

En el capítulo II, se hace mención a los antecedentes nacionales como internacionales, bases teóricas y la definición de los términos básicos.

En el capítulo III, se da a conocer la metodología aplicada a la investigación, diseño de la investigación, población, muestra y las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV, se presentan los resultados y la discusión, comparando los resultados obtenidos con otros autores que me permitieron a desarrollar el proyecto.

En el capítulo V, se da a conocer las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Obteniendo así la totalidad de información y la toma de datos de la implementación de tecnología de sensores para reducir riesgos en la mina Andaychagua.

Por último, se ofrecen otros apartados como son las referencias bibliográficas y anexos. Estos materiales enriquecen el estudio de investigación y refuerzan los datos de apoyo.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Durante las operaciones en la mina, los accidentes e incidentes particularmente las colisiones, son recurrentes al operar los equipos pesados en la mina Andaychagua. Tras un análisis exhaustivo de los factores que contribuyen a estos incidentes, hemos identificado los puntos ciegos de los equipos como un área crucial para enfocar este estudio. Se propone reducir la incidencia de colisiones o choques involucrados el manejo de los equipos.

Los puntos ciegos representan un desafío significativo para los operadores en gran parte debido a los diseños de los equipos de minería destinados a la protección del operador. Aunque los espejos laterales están presentes en los equipos, la visibilidad de estos puntos ciegos sigue siendo deficiente.

La problemática de los puntos ciegos ha sido abordada en diversas naciones, incluyendo Ecuador y Chile países destacados en la industria minera. Se han llevado a cabo investigaciones y se han implementado sistemas de seguridad, como sensores y cámaras para mitigar este problema. Estos sistemas han demostrado ser eficaces en la reducción de incidentes de colisión con los equipos pesados.

La formulación del problema se basa en la necesidad de abordar los accidentes e incidentes relacionados con colisiones que ocurren durante las operaciones en la mina Andaychagua. El problema principal se centra en los puntos ciegos de los equipos pesados utilizados en la mina, los cuales representan un riesgo significativo para la seguridad de los operadores y pueden conducir a colisiones y accidentes.

El problema se enfoca en la falta de visibilidad adecuada de los puntos ciegos, a pesar de la presencia de espejos laterales en los equipos de minería. Esta deficiencia en la visibilidad, aumenta el riesgo de colisiones y accidentes en la operación de los equipos pesados dentro de la mina.

Además, se observa que este problema no es exclusivo de la mina Andaychagua, sino que es una preocupación común en la industria minera, como se evidencia en investigaciones y prácticas implementadas en otras naciones mineras como Ecuador y Chile.

Por lo tanto, la formulación del problema implica la necesidad de abordar la falta de visibilidad de los puntos ciegos en los equipos pesados de la mina Andaychagua, con el objetivo de reducir la incidencia de colisiones y accidentes en la operación de estos.

### **1.1.1 Problema general**

¿Cómo la implementación de tecnología de sensores de proximidad reduce riesgos en la mina Andaychagua?

### **1.1.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo planificar la implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua?
- ¿De qué forma la instalación de sensores de proximidad minimiza los riesgos de accidentes en la mina Andaychagua?
- ¿Cuál es el número e índice de frecuencia de accidentes en la mina Andaychagua?

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 Objetivo general**

Implementar la tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Realizar la planificación para la implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua.
- Instalar los sensores de proximidad a los vehículos seleccionados de la mina Andaychagua.
- Determinar el número e índice de frecuencia de accidentes en la mina Andaychagua.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

### **1.3.1 Justificación social**

Esta investigación se justifica socialmente debido a que la implementación de tecnología de sensores de proximidad en la mina Andaychagua, responde a una necesidad imperativa de proteger la integridad y seguridad de los trabajadores mineros, así como el de los equipos y también de la comunidad. Lo primero se basa en que la industria de la minería es altamente conocida por sus riesgos inherentes, y las medidas de seguridad dentro de las labores son primordiales para mitigar los accidentes laborales y proteger sus vidas; lo segundo es relevante, debido a que permite minimizar los riesgos de accidentabilidad, colisión entre equipos y pérdidas en el proceso, ya que cuando estos están estacionados, existe el riesgo de choque entre ellos, lo que puede generar la obtención de mayores costos, y lo tercero se vincula a la generación de confianza y tranquilidad en la comunidad



de Andaychagua y la sociedad, demostrando un compromiso con el bienestar y la responsabilidad social corporativa.

### **1.3.2 Justificación práctica**

Este estudio está justificado de manera práctica, debido a que la implementación de sensores de proximidad en la mina Andaychagua tiene el potencial de reducir riesgos al operar la diversidad de equipos pesados existentes, contribuyendo en la obtención de la mejora de la seguridad ocupacional; así mismo, se puede incrementar de manera significativa la productividad de las operaciones, ya que se minimizaría los accidentes o incidentes, debido a que estos sensores permitirán la detección temprana de posibles peligros y una respuesta rápida ante situaciones de riesgo, lo que a su vez reducirá los costos asociados con reparaciones, compensaciones por accidentes y pérdida de producción. Además, al integrar tecnologías innovadoras dentro de las operaciones, se puede mejorar la competitividad dentro del mercado al demostrar un enfoque proactivo hacia la seguridad y la eficiencia.

### **1.3.3 Justificación Técnica**

Técnicamente, esta investigación se justifica por representar un avance significativo dentro de la gestión de riesgos y de la seguridad, debido a que estos sensores están diseñados para detectar la presencia de objetos cercanos, desarrollando sistemas de advertencia para prevenir colisiones o atrapamientos. Por ende, como se ha indicado, la implementación de estos sensores mejora la seguridad laboral y la gestión de riesgos, pudiendo establecerse como un estándar técnico para la industria minera y servir como guía para la implementación de sensores dentro de otras minas. Así mismo, permite la creación de capacitaciones asociada a la instalación y operación de sensores, asegurando la debida preparación del personal técnico a cargo.

## **1.4 DELIMITACIÓN DEL PROYECTO**

### **1.4.1 Delimitación Espacial**

Esta investigación se desarrolló en la Mina Andaychagua ubicada en el distrito de Huayhuay, provincia de Yauli, región Junín.

### **1.4.2 Delimitación Temporal**

La investigación sobre la implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la Mina Andaychagua se desarrolló durante el año 2023.

## **1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **1.5.1 Hipótesis General**

La implementación de tecnología de sensores de proximidad reducirá riesgos en la mina Andaychagua.

### **1.5.2 Hipótesis Específicas**

- La planificación para la implementación de tecnología de sensores de proximidad en la mina Andaychagua mejorará la respuesta preventiva ante situaciones de riesgo.
- La instalación de los sensores de proximidad en los vehículos seleccionados de la mina Andaychagua reducirá riesgos.
- La determinación del número e índice de frecuencia de accidentes en la mina Andaychagua proporcionará datos importantes para evaluar la eficacia de la tecnología de sensores de proximidad para minimizar riesgos.

### **1.5.3 Descripción de variables**

Las variables se encuentran definidas de la siguiente manera.

- Variable independiente

Implementación de tecnología de sensores de proximidad.

- Variable dependiente

Reducción de riesgos.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA**

Los siguientes antecedentes se refieren a esta iniciativa a escala nacional e internacional, como se describe a continuación:

##### **2.1.1 Antecedentes Nacionales**

Berrocal (1), llevó a cabo un estudio que se centró en evaluar el impacto de la instauración de medidas de control tecnológico en la disminución de incidentes durante el desarrollo de excavaciones verticales en la Corporación Minera Géminis. Su metodología fue aplicada, descriptiva y correlacional, que tuvo como población a cuarenta y cinco colaboradores - trabajadores de la entidad, además los instrumentos fueron cuestionarios, fichas bibliográficas y registro de casos. Sus resultados evidenciaron que, a partir del proceso de implementación, se dieron mejoras continuas en la reducción de accidentes, para el año 2013 se implementaron diecisiete controles de los cuales se mejoró cuatro de ellos, reduciendo así los accidentes en 25 % para fines del año 2012 y 62.5 % para fines del 2013. Llegó a la conclusión de que los controles tecnológicos tienen una influencia positiva en la reducción de accidentes, ya que el Índice de Frecuencia entre para el 2012 se redujo en 55.83 %, en el 2013 fue de 79.47 % y en el 2017 de 91.71 %.

Ramírez, desarrolló un sistema integrado que utiliza sensores inductivos para reducir los accidentes de tránsito en Tarapoto, con el propósito de verificar si la aplicación de sistemas empotrados equipados con sensores inductivos podría disminuir la incidencia de accidentes de tránsito en dicha ciudad. Se empleó un enfoque metodológico cuantitativo para recopilar datos y desarrollar el sistema integrado, el cual fue diseñado para reconocer, transmitir, recibir, grabar y alertar de manera efectiva a los vehículos sobre las señales de stop. El resultado del proyecto fue la creación y despliegue de un sistema integrado capaz de reconocer, transmitir, recibir, grabar y advertir eficazmente a los vehículos que pasan de las señales de stop. Los resultados del proyecto revelaron que, tras la implementación del sistema embebido con sensores las mediciones mediante encuestas realizadas antes y después de la instalación indicaron una reducción promedio del 73,05 % en la ocurrencia de accidentes de tránsito. Estos hallazgos respaldan la capacidad potencial del sistema integrado con sensores inductivos para mitigar los accidentes de tránsito en Tarapoto. (2)

Dando como aporte principal para mi trabajo el uso del sensor de proximidad inductivo y la aplicación similar del mismo, pero enfocada en una actividad económica.

Mamani, en su investigación titulada "Automatización del Proceso de Envasado de Yogur en la Planta Láctea de Tacna", se propuso como objetivo primordial la creación y puesta en marcha

de un prototipo para el envasado automatizado de yogures en la mencionada fábrica. La metodología empleada se basó en un enfoque cuantitativo con un diseño experimental, que involucró la recopilación de datos y la implementación de un prototipo para controlar el llenado, tapado y enroscado de botellas, considerando parámetros como la velocidad de producción y el tiempo de ejecución. A través de cuatro pruebas sucesivas, se realizaron ajustes y mejoras en el proceso, siendo necesario resolver problemas iniciales como un llenado desigual y el bajo rendimiento de los sensores capacitivos. Sin embargo, tras introducir mejoras en el sistema y emplear una bomba eléctrica para el transporte del líquido, la cuarta prueba demostró un funcionamiento exitoso de los tres procesos previstos, destacando el uso efectivo de diferentes tipos de sensores como un aporte significativo para la investigación (3).

Pizarro, en su tesis vinculada al desarrollo de un sistema electrónico de control para el ingreso y salida de pasajeros en autobuses de transporte público en Lima metropolitana para el año 2020, se propuso como objetivo principal la creación de un sistema electrónico que asegurará el control preciso del acceso y salida de pasajeros en los autobuses de transporte público de la ciudad, con el propósito de mejorar tanto la seguridad como la eficiencia del servicio. El estudio se basó en un diseño experimental con un enfoque en el control de lazo abierto, utilizando software como Proteus y MPLAB® X, además de un escáner automotriz Launch x431 Master para la obtención de datos del sistema de aceleración. A través de pruebas realizadas en simulación y en vehículos reales, se verificó la eficacia del sistema de control electrónico en la gestión del ingreso y salida de pasajeros, así como en el control de la aceleración y las puertas de acceso de los autobuses de transporte público en Lima Metropolitana. Los resultados demostraron que el desarrollo del sistema electrónico permitió evitar que el vehículo avanzara con las puertas abiertas, garantizando la seguridad de los pasajeros y evitando la generación de códigos de error, además, se logró controlar la apertura y cierre de las puertas de manera precisa, asegurando que se abrieran únicamente cuando el autobús estuviera detenido por completo y se cerraran sin obstáculos, y también el desarrollo de la fuente de alimentación proporcionó la energía necesaria para el funcionamiento del sistema electrónico, asegurando una alimentación estable y adecuada para todas las funciones del sistema de control (4).

En este trabajo hace el uso de los sensores de proximidad fotoeléctrico, dando como aporte para mi trabajo de investigación el conocimiento y uso del sensor de proximidad fotoeléctrico.

Adrianzen y Puma, en su proyecto desarrollado, “Creación de una tecnología de proximidad portátil que funciona con ambas manos para invidentes”. El objetivo principal fue diseñar e implantar un sistema electrónico portátil de proximidad para invidentes que permita el uso de ambas manos. La metodología aplicada para este trabajo de investigación, fue el método cualitativo, el diseño de implementación de un prototipo electrónico que detecta los obstáculos a distancia de un metro, el cual es capaz de ayudar a evitar los obstáculos durante el desplazamiento de las personas invidentes,

la implementación del prototipo se desarrolló de manera óptima, lo que facilitó la realización de ensayos de pruebas de funcionalidad, el prototipo construido fue elaborado de manera cómoda para que el usuario pueda portarlo y le permita el uso de ambas manos, la simulación del prototipo electrónico y que busca diseñar un prototipo electrónico que sea capaz de detectar obstáculos a distancia de un metro, el cual que es capaz de ayudar a evitar los obstáculos durante el desplazamiento de personas invidentes y el desarrollo de manera óptima los ensayos de pruebas de funcionalidad (5).

En este proyecto hace el uso de los sensores ultrasónicos, esto me proporciona el conocimiento de la aplicación de dicho sensor con respecto a mi trabajo de investigación.

Rivera, en su tesis denominada "Diseño de una red de sensores inalámbricos para el monitoreo de la disponibilidad de espacios en un estacionamiento vehicular de una universidad". El objetivo principal del proyecto, es desarrollar un sistema que rastree las plazas de aparcamiento abiertas en el estacionamiento de vehículos de la PUCP mediante una red de sensores inalámbricos. La metodología aplicada a esta tesis, es el método cuantitativo que se basó en el muestreo de datos de dos plazas, las conclusiones del trabajo son las siguientes: Dado que la solución ofrece un sistema de vigilancia espacial eficaz y fiable, satisface los requisitos especificados para cada componente de la red. Gracias a la simulación del funcionamiento del sistema, pudo determinar que sus componentes de vigilancia espacial y dispositivos de comunicación funcionaban correctamente. Las lecturas de los sensores duales de cada nodo son precisas. Como cada nodo sensor tiene una vida útil de más de 160 días, el sistema se ajusta eficazmente a la gestión de recursos escasos. Según el presupuesto, los módulos ZigBee son menos caros que otros protocolos como Wifi, Bluetooth o GSM (6).

Dando como aporte a mi trabajo de investigación la aplicación de sensor inductivo que me sirvió como base.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

Vera et al. (7), realizó un estudio que tuvo por finalidad sistematizar el entendimiento en el ámbito de la seguridad, empleando dispositivos de detección industrial para valorar la pertinencia de su implementación en diversos sectores industriales, cuya metodología fue de enfoque cualitativo y básico. Sus resultados evidencian que los sistemas de sensores de seguridad a nivel industrial son clave en las organizaciones, una de las principales desventajas es un posible trabajo exitoso para manipular la clave pública donde se generan pares de claves para el cifrado asimétrico; sin embargo, ayuda a mejorar la calidad de vida de las personas en diversos ámbitos, en el caso de las organizaciones las vuelve más competentes debido al uso de la tecnología en el fortalecimiento de la seguridad.

Quishpe-Morales et al. (8), diseñaron una red con tecnología Sensor Cloud desarrollada para prevenir accidentes de tránsito, el manejo de la información se llevó a cabo a través de algoritmos en

la plataforma Cloud Computing, el cual facilita la identificación de estados emocionales del conductor y, posteriormente, la ejecución de medidas para activar una señal de advertencia o mostrar un aviso en una pantalla incorporada en el automóvil. Finalmente, dieron a conocer que el diseño del Sensor Cloud, ayuda en la transmisión de información de los dispositivos de detección de los automóviles en tiempo real a través de la nube, además se estudiaron a dos tecnologías que son el GPRS y VANET como posibles opciones para el desarrollo de aplicaciones para vehículos, ambas tecnologías evaluadas se complementan en el contexto de aplicaciones para vehículos, además, a la tecnología diseñada en este estudio se puede incorporar el GPRS para la comunicación desde los dispositivos de puerta de enlace.

Garzón y Palomino (9), plantearon la implementación de una protección modernizada que cubriera por completo la maquinaria mediante tres niveles de seguridad, el primero comprende sensores de infrarrojos para detectar movimientos fuera del área protegida, una interfaz hombre-máquina para el control de procesos y acceso mediante reconocimiento facial. El segundo y tercer nivel, incluyen dispositivos de detección dentro del área protegida, utilizando tecnologías de inteligencia artificial y sensores PIR para detener la maquinaria ante la detección de perturbaciones, cada uno de estos niveles se encuentran alineados con las regulaciones actuales en el área de la seguridad por ende cumple y soluciona los problemas de la empresa Corpacero.

Flórez (10), realizó un estudio de factibilidad que se fundamenta en el reconocimiento de un emprendimiento en el mercado actual, debido a que no existe una compañía especializada en la producción y venta de este producto, además de la incorporación de sensores de proximidad para mejorar la seguridad, el enfoque de su investigación es cualitativa. En base al análisis que desarrollaron, la aplicación de sensores de proximidad es viable económicamente dentro del proyecto, ya que la inversión total dentro de la empresa será recuperada en tres años con un precio de venta equivalente a \$173.250.

López et al. (11), desarrollaron un proyecto enfocado a mejorar la aproximación para los sistemas de conducción autónoma hasta llegar a un nivel cuatro, ello mediante la conducción automática de un vehículo enfrentando obstáculos a través del mecanismo de sensores. En el desarrollo del proyecto, se instalaron los sensores que tienen un alcance de 5 metros, de modo que identifiquen objetos a un metro con veinte centímetros dando tiempo al Raspberry de reaccionar y tomar la mejor decisión. Finalmente, llegaron a la conclusión de que, si bien en un principio el vehículo solo fue un juguete, ellos lo rediseñaron para mejorar el desarrollo de distintos ensayos y escala progresiva de la complejidad en función de las funcionalidades y aplicaciones del sistema.

Panchana y Villalonga, en su tesis denominada “Diseño y construcción de módulos para transductores de temperatura y sensores de proximidad para el laboratorio de instalaciones industriales”. Su principal objetivo fue diseñar y construir módulos de sensores de proximidad y

transductores de temperatura para el laboratorio de instalaciones industriales. En la metodología se utilizó el método analítico para resolver el problema planteado, también se mencionan los conocimientos y orientaciones que los estudiantes ya han adquirido en sus distintas asignaturas y los resultados del proyecto. Se sugiere que los profesores de Ingeniería Eléctrica podrán impartir una mejor enseñanza desde un análisis teórico y práctico poniendo en práctica diversos módulos. En definitiva, el proyecto ha logrado su objetivo de crear módulos proximidad muy adaptables y compactos para mejorar la enseñanza de los métodos de automatización industrial utilizando sensores de proximidad y transductores de temperatura (12).

Dando como aporte para mi trabajo de investigación el conocimiento del sensor de proximidad inductivo y su aplicación.

Guzmán y Sánchez, en su investigación de trabajo titulado: “Diseño de módulos de adquisición de datos y caracterización de sensores de proximidad con PLC y HMI”. El objetivo principal fue crear y construir cinco módulos con sensores de proximidad para recoger datos y comunicarse con cinco módulos utilizando PLCs de PANASONIC y HMIs de KINCO. Estos módulos fueron destinados para ser utilizados en ejercicios de laboratorio en la facultad FIMEB de la Universidad Antonio Nariño. La metodología aplicada para este proyecto fue el método cuantitativo, que se basaba en recopilación de datos, análisis de datos, propuesta, definición y construcción del módulo; sin embargo, a pesar de los ajustes realizados durante la fabricación, los diseños de los cinco módulos de sensores de proximidad eran sencillos, se crearon cinco módulos funcionales que encajan perfectamente con las carcasas de los PLC de PANASONIC. Los módulos son muy útiles; sirven como adición didáctica y complemento a los cursos de ingeniería en los que se utilizan sensores, motores y controles. También crearon tres manuales útiles, de lectura y comprensión sencillas, que abordan el uso de los componentes individuales de cada módulo, así como su funcionamiento conjunto (sensor-motor) (13).

Dando como aporte a esta investigación la aplicación del sensor de proximidad.

Erazo, en su tesis titulada “Desarrollo de una interfaz electrónica para la detección y visualización de puntos ciegos para el conductor en vehículos pesados”. El objetivo principal del proyecto, es diseñar una interfaz electrónica capaz de reconocer y mostrar los lugares que los conductores de camiones pesados no pueden ver, con el fin último de reducir el número de incidentes de tránsito que se producen en todo el país. La metodología aplicada en su investigación, fue el método cuantitativo comenzando en recopilar datos sobre el tema para poder avanzar en la elección de las piezas, montarlas en un coche y obtener los datos para su análisis, los resultados obtenidos en este trabajo es para ayudar al conductor a identificar y ver las zonas no visibles del exterior del coche, se creó un dispositivo electrónico, el dispositivo electrónico implementado en el vehículo permitió elaborar una interfaz electrónica para identificar y visualizar los lugares que los conductores de

vehículos pesados no pueden ver, reducir la tasa de accidentes de tránsito del país. Que se obtuvieron resultados favorables tanto con el vehículo aparcado como circulando por carretera (14).

Dando como aporte para mi investigación con el uso de los sensores ultrasónicos.

Según Pozo, en su trabajo de investigación “Aplicación de sensores de proximidad para la automatización de tareas en entornos hospitalarios”. Su principal objetivo fue desarrollar una aplicación automatizada para el sistema de puntuación Box&Blocks Test (BBT), que es una herramienta utilizada para evaluar la destreza manual gruesa. Su metodología aplicada en su investigación, fue el método cuantitativo, también menciona que se cumplieron los objetivos propuestos y que se propuso un método sencillo y asequible para automatizar la puntuación de las pruebas BBT. Estos resultados se derivaron de la automatización de los resultados de la prueba Box&Blocks para la destreza y coordinación de las manos utilizando un sistema basado en sensores de proximidad (15).

Dando como aporte para mi trabajo de investigación la tecnología de detección mediante el uso de los diferentes tipos de sensores de proximidad.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

En el marco de este estudio, se pretende examinar rigurosamente una serie de fundamentos teóricos presentados por diversos autores. Estos fundamentos constituyen la base conceptual que sustenta la investigación y nos permitirá comprender a fondo el contexto y los factores relevantes relacionados con el tema en cuestión. A continuación, se presenta una revisión detallada de la literatura pertinente, destacando las teorías y conceptos clave que guiarán nuestro análisis y la interpretación de los resultados obtenidos en este estudio.

### **2.2.1 Sensor de proximidad**

El sensor de proximidad, es un dispositivo electrónico que sirve para determinar si un objeto está cerca o no, emite un campo de energía. Además, puede detectar objetos, movimientos, distancias, medidas e incluso sustancias, gracias a componentes electrónicos (16). Comparado con otros sensores como los límites de carreras e interruptores, que identifican objetos mediante contacto físico, este abarca a todos los dispositivos de detección sin contacto (17).

Los sensores de proximidad presentan diversos tipos, entre los cuales se encuentra:

- **Sensor inductivo**

El sensor de proximidad inductivo recibe su nombre del hecho de que detecta la existencia de un objeto metálico sin tener contacto directo con él utilizando los principios de la inductancia. El



sensor de proximidad de corrientes de Foucault es una de las variedades más utilizadas de este tipo de sensor (18).

Asimismo, estos sensores tienen la capacidad de identificar materiales metálicos, ya sean ferrosos o no ferrosos, los cuales emplean inducción electromagnética para crear y percibir las corrientes de Foucault que surgen (17). Operan mediante la inducción de corrientes parásitas en piezas metálicas, las cuales inducen un cambio en la intensidad del campo magnético que produce una señal eléctrica e indica la presencia de un objeto metálico en las cercanías del sensor, además, presenta ventajas en comparación con los sensores electromecánicos, como la ausencia de contacto con el objeto a detectar, la robustez mecánica, la resistencia a entornos hostiles y a temperaturas elevadas (19). Como se puede visualizar en la Figura 1.



**Figura 1.** Sensor inductivo.

**Fuente:** <https://www.designworldonline.com>.

- **Sensor capacitivo**

Se trata básicamente de un condensador abierto cuya otra placa es sustituida por el objeto, mientras que el aire entre la placa del sensor y el forman el dieléctrico (18).

Asimismo, la tarea del sensor capacitivo, radica en identificar un cambio de estado fundamentado en la modificación del estímulo de un campo eléctrico, los detectores capacitivos localizan tanto objetos metálicos como no metálicos al medir la alteración en la capacitancia, la cual está influenciada por la constante dieléctrica del material en detección, su masa, tamaño y distancia respecto a la superficie sensible del sensor, algunas de las aplicaciones comunes incluyen la detección de materiales no metálicos como vidrio, cerámica, plásticos, madera, aceite, agua, cartón, papel, caucho u otros (19). Como se puede visualizar en la Figura 2.



**Figura 2.** Sensor capacitivo.

**Fuente:** <https://www.designworldonline.com>.

- **Sensor ultrasónico**

Los sensores inductivos y capacitivos no son lo mismo que los sensores ultrasónicos. Estos sensores de proximidad funcionan produciendo ondas sonoras o ultrasónicas a una frecuencia superior al límite superior de la audición humana, es decir, aproximadamente 20 kHz (18), como se puede visualizar en la Figura 3.



**Figura 3.** Sensor ultrasónico.

**Fuente:** <https://www.designworldonline.com>.

- **Sensor óptico**

El sensor óptico o también denominado fotoeléctrico, es otro ejemplo de dispositivo de detección de posición, emplea un rayo luminoso modulado que puede ser bloqueado o reflejado por un objeto, en su configuración incluye una fuente de luz, un receptor que capte la luz emitida, y el circuito electrónico que analiza y potencia la señal, causando un cambio de estado en el sensor fotoeléctrico (19).

Además, este sensor utiliza el espectro visible o infrarrojo de la luz para funcionar según el principio de la reflexión de la luz. El sensor proyecta luz en la dirección del objeto y cuenta la cantidad de luz que se refleja (18), se puede visualizar en la Figura 4.



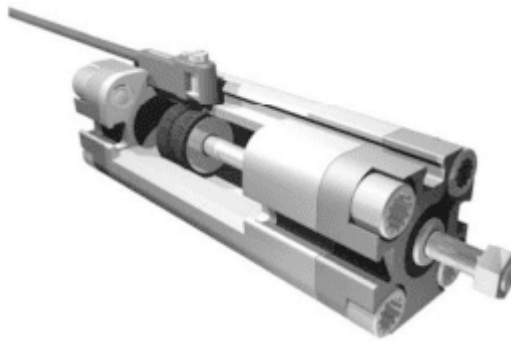
**Figura 4.** Sensor óptico.

**Fuente:** <https://www.designworldonline.com>.

- **Sensor magnético**

El sensor de proximidad magnético, responde a campos magnéticos producidos por imanes permanentes o electroimanes instalados en dispositivos móviles. Su funcionamiento se da cuando un campo magnético se acerca y los contactos se cierran, permitiendo el flujo de corriente que origina la señal en el sensor, además, una de sus aplicaciones más frecuentes es como detectores de posición en cilindros neumáticos, ya que estos incorporan imanes permanentes en el émbolo, lo que provoca un cambio de estado en el sensor (19).

La existencia de un objeto es detectada por un sensor magnético de proximidad utilizando la atracción entre el objeto y el imán. La capacidad de estos sensores para detectar objetos magnéticos a través de materiales no metálicos es una de sus ventajas (18). En la Figura 5, se puede visualizar el sensor.



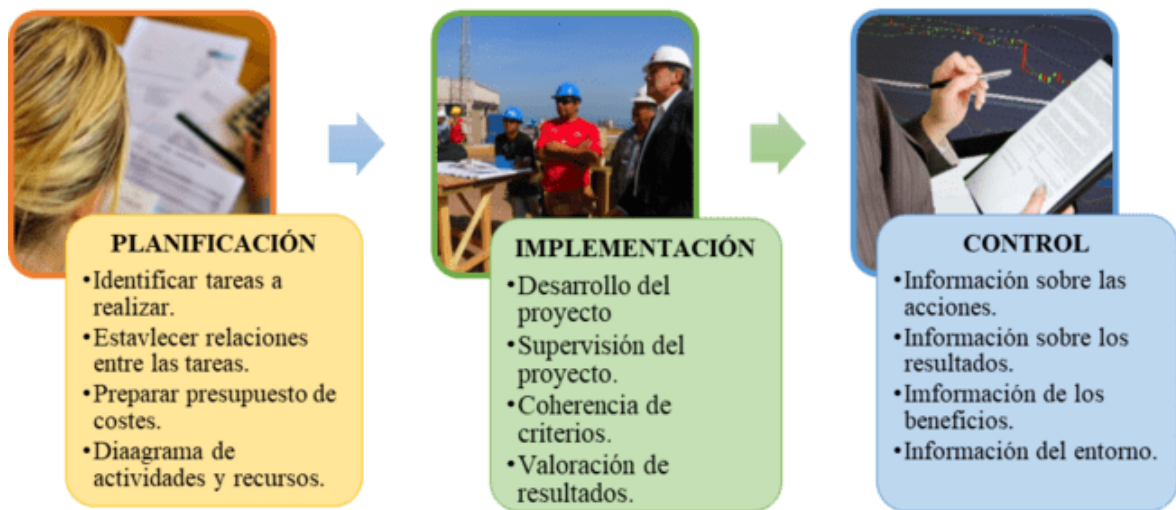
**Figura 5.** Sensor magnético

**Fuente:**

[http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm\\_Ch03\\_mfuentesm.pdf](http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03_mfuentesm.pdf)

### **2.2.2 Fases**

Las investigaciones que son ejecutables, siguen un procedimiento específico que comienza con ciertas exigencias que deben ser abordadas, se establecen qué tareas realizar, se examina el método para llevarlas a cabo, se llevan las acciones adecuadas, se realiza el monitoreo y control de estas acciones, concluyendo con la satisfacción de las demandas (20). A continuación, mediante la Figura 6 se explica cada procedimiento:



**Figura 6.** Fases de implementación

**Fuente:** <https://fapacordoba.org/wp-content/uploads/2010/10/manualdeproyectos-voluntariado.pdf>

### 2.2.3 Reducción de riesgos

El riesgo alude a la posibilidad de que ocurra algún incidente que resulte en lesiones o perjuicios para la salud de las personas, es decir, una situación laboral que puede alterar el equilibrio entre los aspectos físicos, mentales y sociales. Debido a que los trabajadores tienen el derecho a ser protegidos de manera efectiva, los lugares de trabajo deben estar exentos de riesgos o, en su defecto, reducirlos al mínimo posible de forma que no comprometan su salud y seguridad, el cual se alcanza con la prevención (21).

Algunos de las causas de accidentes los da a conocer Molina (22), como se muestra en la Figura 7:



**Figura 7.** Causas de accidentes en minas subterráneas.

**Fuente:** <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/24574/19592/93768>

Asimismo, algunos de los principales riesgos en el sector de la minería de acuerdo con Hermoso (23) son:



**Figura 8.** Riesgos en el sector de la minería.

**Fuente:** <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/62688/TFG-L3672.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

La prevención de riesgos en el trabajo va enfocada a la anticipación a las potenciales amenazas y evitar incidentes, accidentes o enfermedades. Ante ello, la Organización Mundial de la Salud ha establecido tres niveles de prevención de riesgos laborales (21).

### PREVENCIÓN PRIMARIA

Se eliminan todos los riesgos de trabajo.

### PREVENCIÓN SECUNDARIA

Se desarrolla el diagnóstico temprano de los posibles riesgos.

### PREVENCIÓN TERCIARIA

Limita la incapacidad a través de la rehabilitación.

*Figura 9.* Niveles de prevención de riesgos laborales.

*Fuente:* [https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud\\_seg\\_mineria.pdf](https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf)

#### 2.2.4 Índice de Frecuencia

Se refiere a la tasa de accidentes incapacitantes por cada millón de horas laboradas (24), lo cual se determina mediante la siguiente ecuación:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000000}{\text{Horas Trabajadas}}$$

### 2.3 DEFINICIÓN DE LOS TÉRMINOS BÁSICOS

En este estudio se han tenido en cuenta las variables enumeradas en el planteamiento del problema, así como las siguientes definiciones y acrónimos de terminología importante:

- **Sensores de proximidad:** Los detectores, también conocidos como sensores de proximidad, son capaces de identificar la existencia de un objeto en las inmediaciones sin establecer contacto físico (25).
- **Tecnología:** Es el conjunto de ideas e información científica que un ser humano utiliza para lograr un determinado objetivo, que puede satisfacer algunas de sus necesidades o encontrar una solución a un problema concreto (26).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 MÉTODO, TIPO O ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Método de la investigación**

El método general adoptado por esta investigación es el científico, el cual según Borja puede definirse como el conjunto de estrategias y procedimientos sistemáticamente secuenciales diseñados para verificar de manera empírica una proposición (hipótesis) con el objetivo de interpretar la realidad (27), es así que, involucra el desarrollo de procesos seguidos para abordar las interrogantes de investigación relacionadas con diversos fenómenos naturales y los problemas que impactan a la sociedad.

La secuencia que sigue este método puede verse en todo el proceso de investigación que desarrollé, ya que sirvió de guía para la obtención de los resultados y concretizar las conclusiones de estudio.

Así mismo, como métodos específicos se detallan el uso deductivo y analítico, ya que, conforme a lo dicho por Bernal, el método deductivo implica un enfoque de razonamiento que implica el uso de ideas generales para llegar a explicaciones específicas, mientras que el método analítico incluye descomponer un objeto de estudio, dividiendo cada una de sus partes del conjunto para examinarlas de manera individual (28).

Por ende, en esta investigación se puede desarrollar un análisis general y poder desprender conclusiones específicas, así mismo también analicé y entendí al objetivo de estudio (sensores de proximidad) mediante el análisis detallado de sus componentes, analizándolos minuciosamente.

##### **3.1.2 Alcances de la investigación**

###### **3.1.2.1 Tipo de investigación**

Esta investigación es aplicada, puesto que según Borja se enfoca en comprender, intervenir, construir y transformar situaciones problemáticas concretas, y su principal interés radica en implementar soluciones prácticas a problemas específicos en lugar de desarrollar conocimientos de aplicación universal o perseguir un avance teórico (27). Además, tiene enfoque mixto cuantitativo y cualitativo, ya que se desea obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno de estudio, esto debido a que el aspecto cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para responder preguntas específicas y probar hipótesis utilizando la medición numérica y la estadística, mientras que la parte cualitativa se apoya en técnicas como descripciones, observaciones, y otros para explorar la realidad desde la perspectiva de los actores involucrados (27).

A tal razón, esta investigación es aplicada debido a que se han realizado experiencias, mediciones y pruebas en función de un prototipo implementado en la mina desde el mes de marzo del año 2023 para poder verificar de forma empírica y teórica el desempeño de la idea propuesta.

### **3.1.2.2 Nivel de investigación**

La presente investigación es de carácter descriptivo, el cual según Borja se enfoca en explorar e identificar las propiedades más representativas de los objetos de estudio susceptible de investigación, proporcionando una descripción detallada de sus partes o categorías y buscando proporcionar una visión detallada y comprensiva de sus características esenciales (27).

Partiendo de la descripción, en esta investigación se llegó a verificar los resultados de la implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua, así como se analiza los resultados obtenidos según la tabla N°1.

## **3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Según los parámetros de la investigación se empleó el diseño experimental, el cual según Borja, se caracteriza por su capacidad para medir y evaluar el impacto de un estímulo en la variable dependiente, con un control mínimo sobre las condiciones del experimento (27).

## **3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA**

### **3.3.1 Población**

Según Borja, el término población hace referencia al conjunto de elementos o sujetos que serán objeto de investigación, los cuales comparten una o más propiedades comunes (22). La población total estuvo conformada por 11 equipos de sostenimiento con shotcrete, tanto como lanzadores y transportadores de shotcrete, los cuales son propiedad de la empresa Robocon Servicios S.A.C. unidad Andaychagua.

### **3.3.2 Muestra**

La muestra consiste en un subgrupo representativo de la población del cual se recopilarán datos, los cuales pueden ser generalizados o extrapolados a la población en su totalidad, por ende, su selección debe ser estadísticamente representativa, garantizando que refleje las características y variaciones presentes en la población que se está estudiando (22).

La muestra estuvo conformada por 11 equipos de sostenimiento con shotcrete tomados a diferentes distancias del sensor con una persona y 20 trabajadores sobre la conformidad sobre la



implementación de tecnología de sensores, propiedad de Robocon Servicios S.A.C. en la mina de Andaychagua, como se observa en el Anexo 5.

### **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

#### **3.4.1 Técnicas**

Este estudio se llevó a cabo mediante la técnica de la observación y la encuesta. Al primero, Herrero la describe como una técnica que registra de manera minuciosa y sistemática los actos y comportamientos observados, asegurando la retención integral de la información de la situación con una mayor autenticidad en la manifestación de los comportamientos (29).

Mientras que la encuesta es considerada como una herramienta o instrumento que permite determinar características de medición de tiempos, calidad, costos y otros para recabar información apoyado de una serie de preguntas que pueden ser de carácter abierto o cerrado (22).

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

Como instrumentos de recolección de datos se incluyeron a la ficha de recolección de datos y la entrevista.

Según Ñaupas y otros, definen a la ficha de recolección de datos como una herramienta de investigación utilizada en el proceso de observación para verificar la presencia de ciertos eventos, sucesos, actividades y otros. Es así que, en el presente estudio, se utilizó este documento para recolectar información sobre la emisión de sonidos emitidos por el sensor tomados a diferentes distancias (30).

Además, la entrevista es considerada como el diálogo entre dos individuos, el entrevistador y el entrevistado, iniciado por el primero con el propósito de obtener información crucial para la investigación (22). Por ende, se entrevistó a 20 trabajadores sobre la conformidad de la implementación de tecnología de sensores para reducir riesgos en la mina Andaychagua, como se muestra en el anexo N°1, nos dieron a conocer la conformidad de este tipo de implementación de sensor de proximidad.

### **3.5 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.5.1 Materiales**

Para la implementación del sensor de proximidad, se empleó los componentes del sistema de detección de radar 1T1R, en la Figura 10 se muestra el zumbador (a) y cable de transición monitor(b).



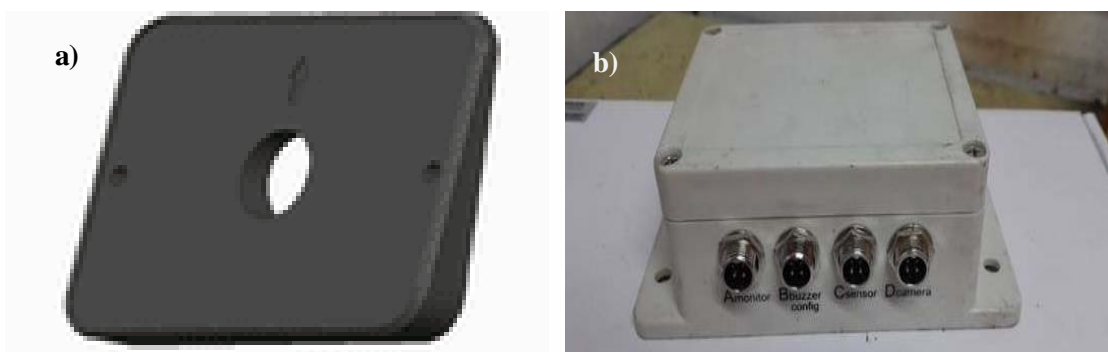
**Figura 10.** Zumbador y cable de transición monitor.

En la Figura 11, se puede observar a los cables de transición duales interfaz 0.25 m (a) y al cable de extensión de 1.5m (b).



**Figura 11.** Cable de transición y extensión.

En la Figura 12, se visualiza a la almohadilla de silicona (a) y a la caja de control (b) del sistema de detección de radar 1T1R.



**Figura 12.** Almohadilla de silicona y caja de control.

Finalmente, dentro de este sistema se encuentra el sensor de proximidad, el cual se puede observar en la Figura 13.



*Figura 13.* Sensor de proximidad.

### **3.5.1.1 Características del producto**

Algunas de las características del sistema de detección de radar 1T1R se describen a continuación:

- Tecnología avanzada que detecta microondas.
- Configuración de zonas de detección y activación de alarma con cable USB a UART en la computadora.
- Configuración y actualización del sistema por teléfono o computadora a través de Wifi (función opcional).
- El dispositivo es capaz de visualizar las zonas de radar en la pantalla. Tan pronto como un objeto ingrese a la zona de detección, se activará una alerta de visualización de color transparente en el monitor para alertar al conductor del peligro potencial. (Verde - Lejos, Amarillo - Medio, Rojo - Cerca).
- Detectar objetos en movimiento, incluidos vehículos de transporte, motocicletas, bicicletas, peatones, etc.
- Trabaja eficazmente en entornos hostiles y con poca visibilidad, incluida la oscuridad, el humo, la niebla y el polvo.

### **3.5.1.2 Especificaciones Técnicas**

A continuación, se presentan las características técnicas del sistema de detección de radar 1T1R.

**Tabla 1.***Especificaciones Técnicas del sistema de detección de radar IT1R*

<b>Propiedades</b>	<b>Detalle</b>
Frecuencia del sensor de radar	24 a 24.2 GHz
Fuente de alimentación	10VDC a 32 VDC
Rango de detección	0.1 a 20 m, hasta 5 zonas de detección
Visualización de las zonas de detección	Verde (lejos), amarillo (medio), rojo (cerca)
Tolerancia para la detección	$\pm$ 30 cm
Ángulo de haz de antena	100° (horizontal), 40° (vertical)
Salida de alarma x1	Cambia a tierra cuando se active, cargando hasta 1 Amp.
Formato de video	720P y 1080P
Temperatura de funcionamiento	De -20 a +70°C
Temperatura de almacenamiento	De -30 a +80°C
Protección IP	<i>Sensor:</i> IP69K <i>Caja de control:</i> IP66
Clasificación de su vibración	5.9 G
Dimensiones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sensor:</i> ancho (106.6 mm.), alto (72.9 mm.), profundidad (34.5 mm.).</li> <li>• <i>Caja de control:</i> ancho (152.6 mm.), alto (89.2 mm.), profundidad (53.8 mm.).</li> </ul>
Peso	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sensor:</i> 151.9 g.</li> <li>• <i>Caja de control:</i> 240 g.</li> </ul>
Montaje	Dos orificios de montaje (sensor) de diámetro (4.5 mm.)

### **3.5.1.3 Capacidad de detección**

El sistema proporciona al operador indicaciones tanto visuales como audibles de un objeto detectado. Tan pronto a medida que un objeto ingresa a las zonas, activará un sonido para que el operador se dé cuenta del peligro potencial que está frente a él. La distancia al objeto detectado se muestra en la Figura 14 con cinco zonas de colores en la imagen. El zumbador puede proporcionar una alerta audible a través de un "beep" que aumentará en frecuencia como un objeto se acerca, alertando al operador que se está detectando un objeto. El zumbador interno del monitor también puede proporcionar una alerta audible.

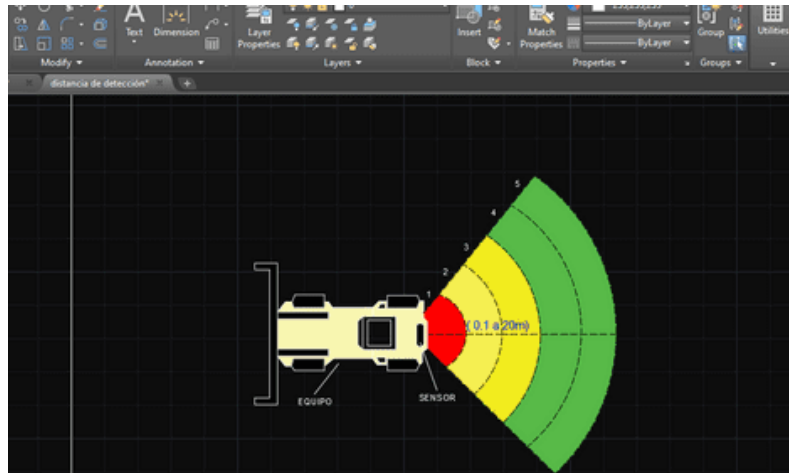


Figura 14. Capacidad de detección de radar 1T1R.

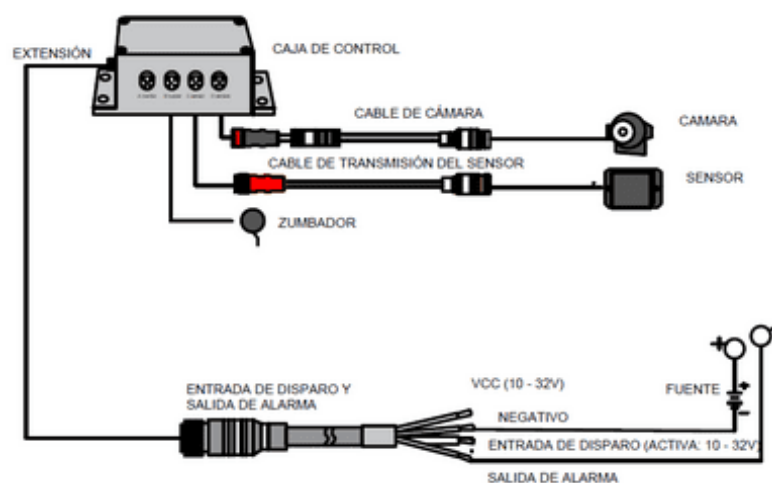
### 3.5.2 Métodos

#### 3.5.2.1 Instalación

Primero verificar el contenido del paquete de envío y asegurarse de que estén incluidos los siguientes artículos:

- 1 sensor.
- 1 caja de control.
- 1 cable de extensión de 3,5 m. para en sensor.
- 1 cable de transición duals interfaz 0,25 m.
- 1 zumbador.
- Manual de operación y algunos accesorios de instalación.

Se observa en la Figura 15, el plano de instalación del sistema de radar 1T1R muestra el sensor de proximidad y la caja de control.



**Figura 15.** Diagrama de instalación del sensor.

En la Figura 16, Se muestra el montaje de la caja de control y ubicación, siendo un lugar seguro y correcto.



**Figura 16.** Montaje de la de caja de control.

La caja de control se muestra en la Figura 17, donde ya está colocada y asegurada.



**Figura 17.** Ubicación de la caja de control.

En las Figuras 18 y 19, se muestra la instalación de los cableados tanto de la alimentación, zumbador y sensores de proximidad.



**Figura 18.** Instalación del cable de alimentación.



**Figura 19.** Instalación del cable de zumbador y sensores.

Se muestra en la Figura 20, la ubicación donde será instalado el sensor de proximidad, realizando los agujeros con el taladro para asegurar el sensor.





*Figura 20.* Realizando agujeros con taladro para ubicar el sensor.

En la Figura 21, se muestra el sensor de proximidad instalado y su posición correcta.



*Figura 21.* Instalación y la ubicación del sensor.

En la Figura 22, se muestra la instalación del sensor de proximidad en la parte delante del equipo.





*Figura 22.* Sensor de proximidad en la parte delante.

Se muestra en la Figura 23, la instalación y ubicación del sensor de proximidad en la parte posterior del equipo.



*Figura 23.* Sensor de proximidad posterior.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta los resultados en base a los objetivos del estudio, los cuales son organizados desde la planificación, instalación del sensor de proximidad en los equipos pertenecientes de la empresa Robocon Servicios S.A.C. en la mina Andaychagua y las pruebas del sensor de proximidad instalados en cada equipo. Además, se incluyen los cálculos que permitirán evaluar el nivel de riesgo antes y después de la implementación.

#### 4.1 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

##### 4.1.1 Planificación para la implementación de los sensores

La planificación desempeña un papel fundamental en todo tipo de proyecto de implementación tecnológica, sobre todo en los entornos industriales, donde la seguridad y eficiencia son importantes como es el caso de la mina Andaychagua. Es así como en el contexto de esta investigación dentro de este apartado, se describe el cronograma de actividades y las etapas que se llevaron a cabo para el desarrollo del estudio.

##### 4.1.1.1 Cronograma de actividades

A continuación, se muestran la Tabla 2 y 3 donde se describen las actividades que se llevaron a cabo para la implementación de tecnología de sensores en la mina Andaychagua, con el objetivo de reducir riesgos, para ello se realizaron siete actividades de las cuales tres fueron desarrolladas en el mes de marzo de 2023 y los 4 restantes en el mes de abril.

**Tabla 2.**

*Actividades desarrolladas en marzo de 2023*

Actividades	Marzo – 2023						
	25	26	27	28	29	30	31
<b>Actividad 1:</b> Evaluación del lugar en el equipo donde se instalará la caja de control y los sensores.							
<b>Actividad 2:</b> Instalación de la caja de control.							

**Actividad 3:** Preparar las bases para el montaje de los sensores.



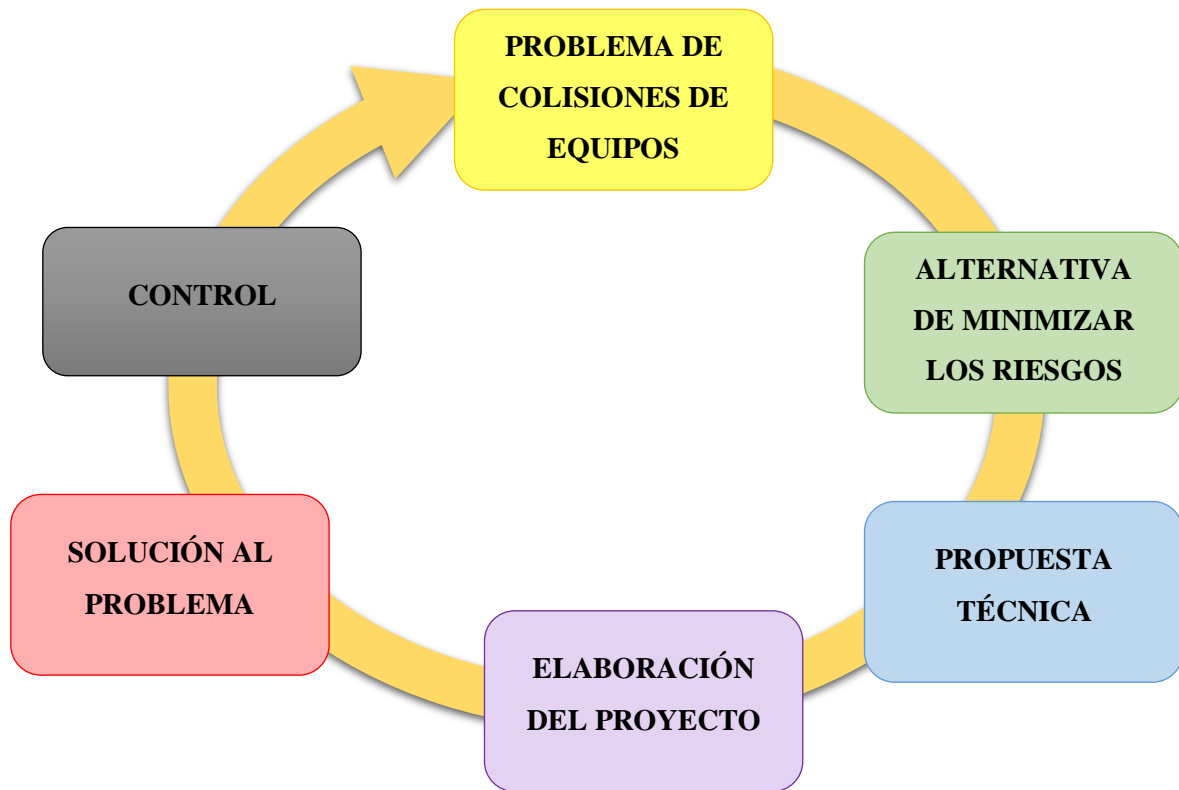
**Tabla 3.**

*Actividades desarrolladas en abril de 2023*

Actividades	Abril - 2023																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
<b>Actividad 4:</b> Realizar agujeros en el equipo en la parte delantero y posterior para montaje de los sensores.	■																
<b>Actividad 5:</b> Realizar montaje de los sensores.					■												
<b>Actividad 6:</b> Realizar la instalación de los cables de alimentación y hacia los sensores incluido las luces indicadoras.								■									
<b>Actividad 7:</b> Seguimiento al funcionamiento de los sensores en campo.																■	

#### 4.1.1.2 Etapas

En la Figura 24 se muestran las etapas que se llevaron a cabo para la implementación de los sensores, de modo que sean significativas en la reducción de los incidentes ocasionados en la mina Andaychagua.



*Figura 24.* Etapas de la implementación de tecnología de sensores.

#### **4.1.1.3 Recolección de información**

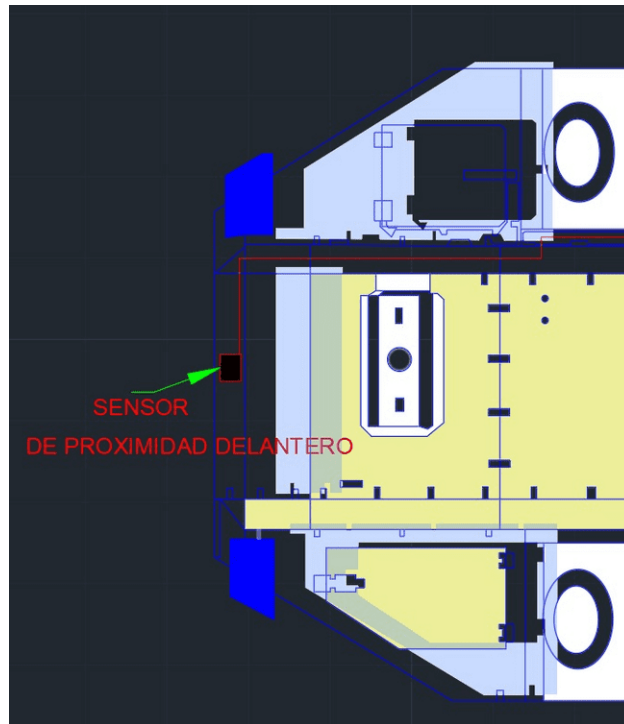
La recolección de datos para la implementación de tecnología de sensores de proximidad con el objetivo de reducir riesgos en la mina Andaychagua, se realizó con los registros de datos de una semana, esto para examinar los factores pertinentes que afectan a la aplicación del sensor de proximidad. Se recogieron los datos cuando los equipos se encontraban estacionados en la planta en horas de la mañana y en la noche, esto es cuando en esos momentos se encontraban una cantidad de equipos realizando maniobras y pruebas del equipo, es ahí donde se evidencia el comportamiento de los sensores de proximidad y aprovechar en realizar la toma de datos como distancias y sonidos emitidos por el sistema de detección de radar 1T1R.

#### **4.1.2 Instalación de los sensores**

##### **4.1.2.1 Diseño**

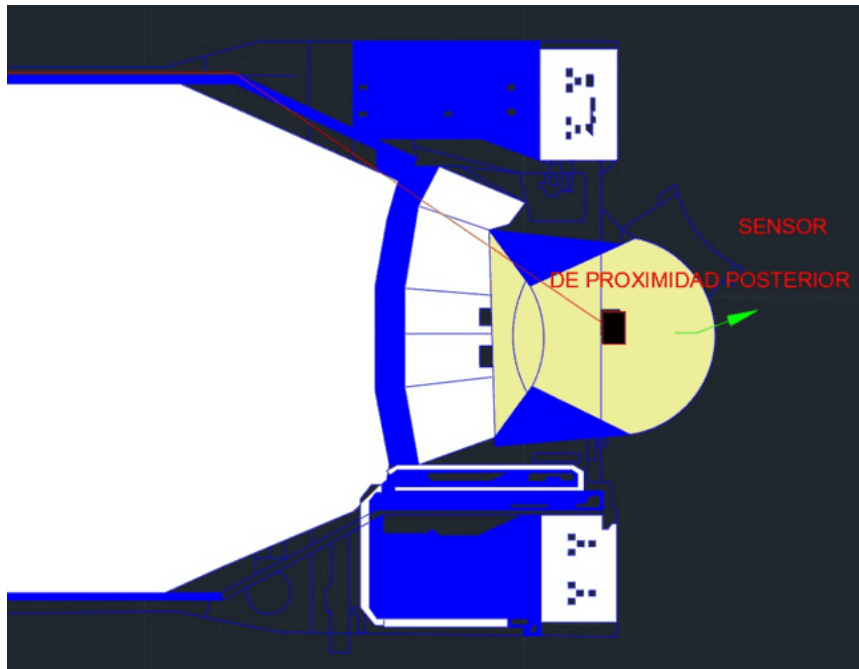
En este apartado se muestra a detalle el diseño elaborado en AutoCAD versión 2019, asimismo, es una representación visual, precisa y comprensible de cómo se integraron los sensores en los vehículos, mostrando la disposición y ubicación óptima para maximizar su funcionalidad y eficiencia; detallando las características claves del diseño y cómo contribuyó a la ejecución exitosa de la implementación de sensores de proximidad en los vehículos de la mina en estudio.

A continuación, se muestra el diseño realizado en AutoCAD de diferentes posiciones del vehículo, incluyendo una imagen del cableado desde el sensor de proximidad delantero hasta el sensor posterior.



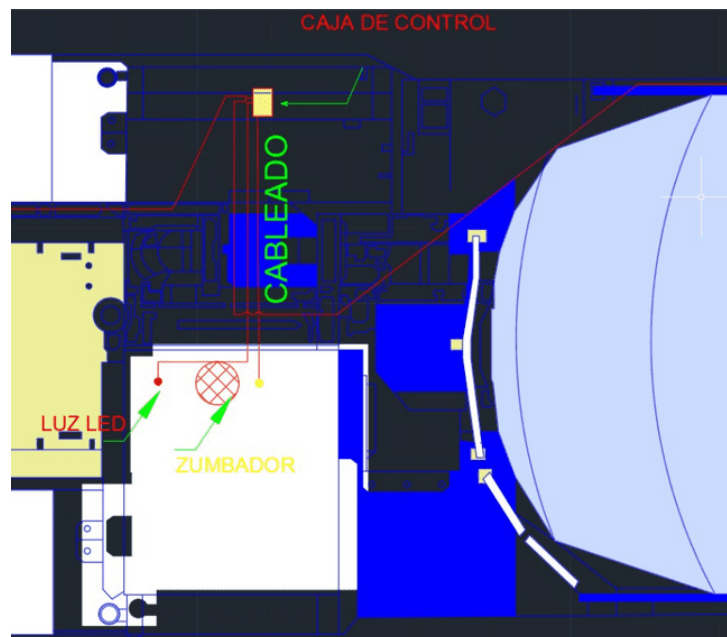
*Figura 25.* Posición del sensor de proximidad delantero.

En la Figura 25, se visualiza la parte delantera del vehículo en el cual se colocó un sensor de proximidad, este sirvió para la detección de la persona o equipo que se encontraba en la trayectoria del vehículo, cuando este se desplaza hacia adelante, incluso, la posición en la que se encontraba el sensor proporcionó una mejor percepción de la distancia entre el vehículo y los operarios o equipos circundantes, lo cual ayudó al conductor a tomar decisiones rápidas, como activar el freno.



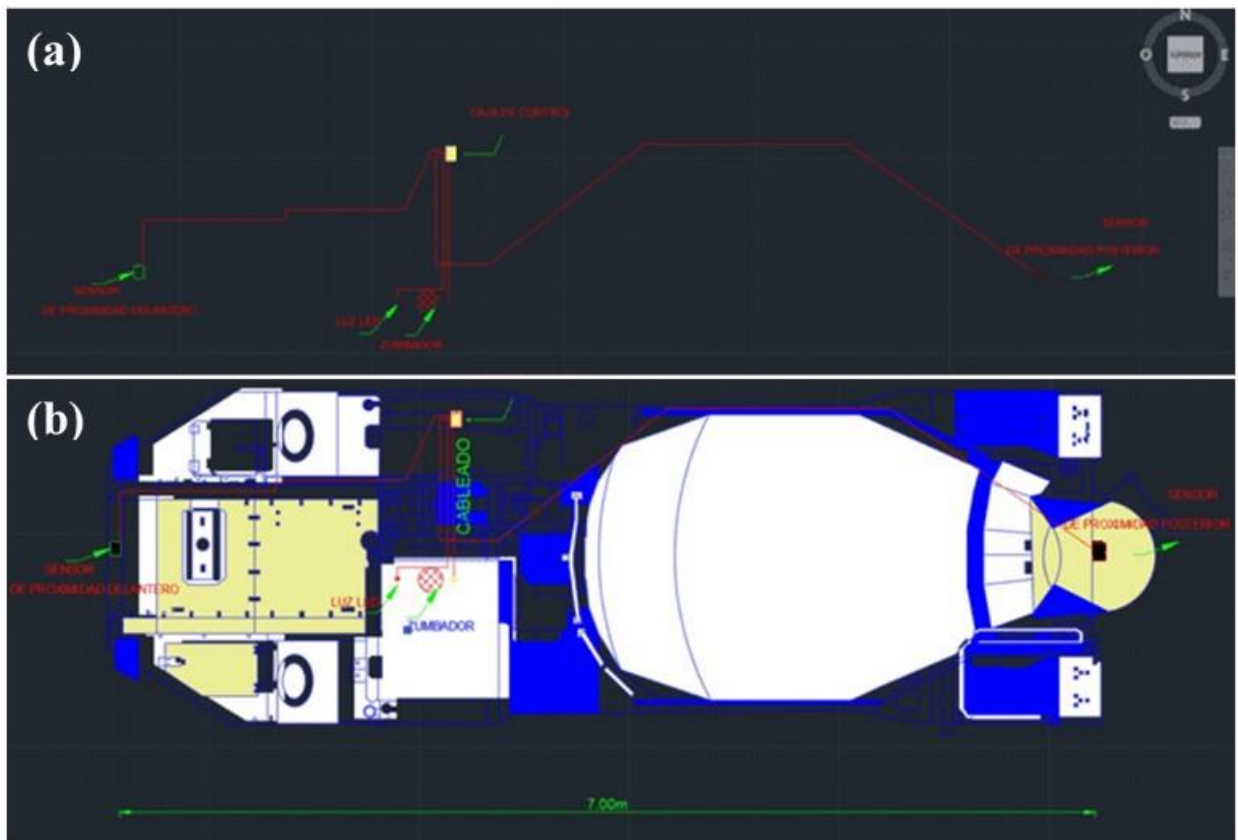
*Figura 26.* Posición del sensor de proximidad posterior.

En la Figura 26, se muestra la posición del sensor de proximidad posterior, el cual fue ubicado de esa forma principalmente para detectar a la persona o equipo que se encontraba detrás del vehículo, cuando se realizó la maniobra de retroceso. Además, esta ubicación estratégica permitió tener al conductor una percepción más clara y completa de su entorno al estacionarse o hacer maniobras de reversa, lo cual redujo el riesgo de accidentes y garantizó la seguridad de los operarios en la mina.



**Figura 27.** Posición de la caja de control, zumbador y luz led.

En la Figura 27, se puede observar que la caja de control se ubicó en la parte izquierda del vehículo, este se encargó de procesar la señal que recibió del sensor para determinar la presencia, distancia y velocidad de la persona o equipo que fue detectada en el entorno del vehículo, asimismo, en la figura se visualiza el zumbador, el cual se encuentra cerca de la cabina del operador, debido a que fue el encargado de proporcionar una alerta mediante un “beep” que incrementó conforme el objeto se acercaba, por último, en el diseño se muestra una luz led la cual encendía por la cercanía con el objeto, siendo de apoyo al zumbador en el momento de la alerta. Cabe resaltar, que la posición de todos estos elementos servirá para los dos sensores colocados en el vehículo.



**Figura 28.** Diseño completo de la instalación en el vehículo.

En la Figura 28, se observa el diseño completo de la implementación de sensores en un vehículo de 7 m., ello realizado a partir de los componentes del sistema de radar 1T1R, en la primera parte de la Figura (a), se visualiza la forma en la que se hizo el cableado (color rojo), uniendo el sensor de proximidad delantero y posterior a la caja de control, de modo que ambos sensores se vinculen a un solo zumbador y luz led, para alertar al operador de la cercanía de una persona u objeto,

evitando posibles accidentes. Finalmente, en la segunda parte (b) se visualiza la implementación del cableado en el vehículo.

#### 4.1.2.2 Resultados de las pruebas en los sensores

En esta sección se encuentran ordenados y estructurados los resultados tanto en tablas y figuras que muestran los datos de las pruebas y los resultados correspondientes, así como se muestra en la Tabla 4 con los diferentes sonidos emitidos y distancias.

**Tabla 4.**

*Tabla de Prueba del Sensor de Proximidad*

<b>PRUEBAS REALIZADAS CON EL SENSOR DE PROXIMIDAD A DIFERENTES DISTANCIAS Y ÁNGULOS EN CAMPO</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Posición</b>	<b>Ubicación del objeto (m) y a un ángulo</b>	<b>Sonido que emitió el zumbador</b>
1	Personal ubicado en la posición 1	0.3 m. a 90° aprox.	Tono constante
2	Personal ubicado en la posición 2	0.5 m. a 90° aprox.	Tono constante
3	Personal ubicado en la posición 3	1 m. a 90° aprox.	Tono constante
4	Personal ubicado en la posición 4	1.5 m. a 90° aprox.	Tono constante
5	Personal ubicado en la posición 5	2.0 m. a 90° aprox.	Tono constante
6	Personal ubicado en la posición 6	2.5 m. a 80° aprox.	Tono constante
7	Personal ubicado en la posición 7	3.0 m. a 70° aprox.	Tono constante
8	Personal ubicado en la posición 8	3.5 m. a 80° aprox.	Tono constante
9	Personal ubicado en la posición 9	4.0 m. a 85° aprox.	Tono constante
10	Personal ubicado en la posición 10	4.5 m. a 90° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
11	Personal ubicado en la posición 11	5.0 m. a 80° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
12	Personal ubicado en la posición 12	5.5 m. a 60° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
13	Personal ubicado en la posición 13	6.0 m. a 70° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
14	Equipo ubicado en la posición 14	6.5 m. a 80° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
15	Personal ubicado en la posición 15	7.0 m. a 90° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
16	Personal ubicado en la posición 16	7.5 m. a 85° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
17	Personal ubicado en la posición 17	8.0 m. a 90° aprox.	BiBiBiBi-BiBiBiBi-BiBiBiBi
18	Personal ubicado en la posición 18	8.5 m. a 90° aprox.	Bi-Bi
19	Equipo ubicado en la posición 19	9.0 m. a 80° aprox.	Bi-Bi
20	Personal ubicado en la posición 20	9.5 m. a 80° aprox.	Bi-Bi
21	Personal ubicado en la posición 21	10.0 m. a 90° aprox.	Bi-Bi
22	Personal ubicado en la posición 22	10.5 m. a 80° aprox.	Bi-Bi
23	Personal ubicado en la posición 23	11.0 m. a 45° aprox.	Bi-Bi
24	Personal ubicado en la posición 24	12.0 m. a 60° aprox.	Bi-Bi



25	Personal ubicado en la posición 25	12.5 m. 45° aprox.	Bi-Bi
26	Personal ubicado en la posición 26	13.0 m. a 50° aprox.	Bi-Bi

- **Sensor de Proximidad Delantero (personal)**

Las fotografías que se presentan a continuación, ilustrarán las pruebas de la implementación del sensor de proximidad en la parte delantera del vehículo a diferentes metros de distancia. En la Figura 29, se puede observar las pruebas con los operarios a distancias de 0.3 m. y 0.5 m. del sensor de proximidad, en ambos casos el sonido del “beep” fue constante.



**Figura 29.** Personal en la Posición 1 y 2.

Asimismo, en la Figura 30, se muestra las pruebas realizadas con el operario a 1.5 m. y 4.5 m. de distancia del sensor de proximidad delantero, el sonido de alerta para la posición 4 fue de sonido constante, mientras que en la posición 10 se dieron doce “beep”.



**Figura 30.** Personal en la Posición 4 y 10.

En el caso de la Figura 31, se muestran tres pruebas de los operarios a distancias de 5 m., 5.5 m. y 6 m. del sensor de proximidad, los sonidos que se emitieron en cada prueba fueron de 12 “beep” para los tres casos evaluados.



Posición 11



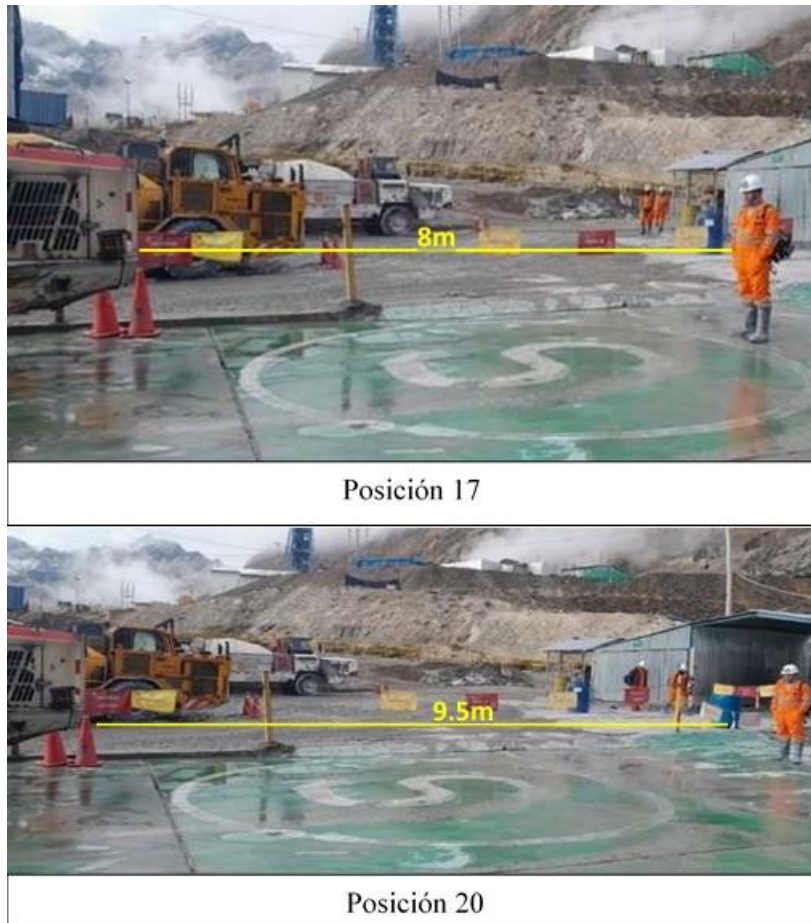
Posición 12



Posición 13

**Figura 31.** Personal en la posición 11, 12 y 13.

Finalmente, para las pruebas realizadas con el sensor de proximidad delantero, se evaluó a distancias de 8 m. y 9.5 m. de los cuales el sonido de alarma fue de 12 “beep” y 2 “beep” respectivamente.



*Figura 32.* Personal en la posición 17 y 20.

- **Sensor de Proximidad Posterior (personal)**

En este apartado, se ilustran las pruebas de la implementación del sensor de proximidad en la parte posterior del vehículo a diferentes metros de distancia. En la Figura 33, se puede observar las pruebas con los operarios a distancias de 2.5 m. y 3 m. del sensor de proximidad, en ambos casos el sonido del “beep” fue constante.





**Figura 33.** Personal en la posición 6 y 7.

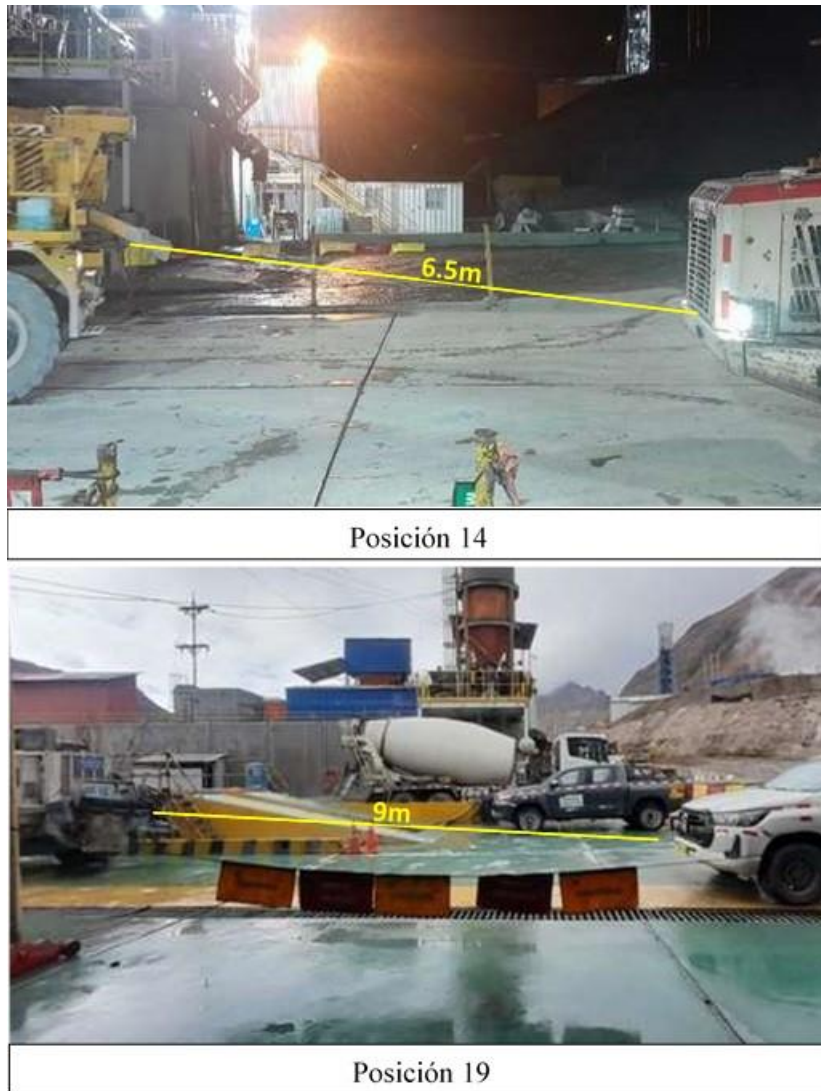
Por último, para las pruebas del sensor de proximidad en la parte posterior, se tiene las fotografías en la Figura 34 a distancias de 3.5 m. y 4 m., los cuales emitieron un tono constante de alarma al tener proximidad con los operarios.



*Figura 34.* Personal en la posición 8 y 9.

- **Sensor de Proximidad entre equipos**

En este apartado, se ilustran las pruebas de la implementación del sensor de proximidad entre equipos de la mina Andaychagua. En la Figura 35, se puede observar las pruebas con los equipos a distancias de 6.5 m. y 9 m. del sensor de proximidad, en caso del primero se escucharon doce “beep” mientras que en el segundo solo fueron dos “beep”.



*Figura 35.* Equipo en la posición 14 y 19.

En función de los resultados de las pruebas que se tomaron, ya sea en la posición frente al sensor o posterior de los operarios, incluso en las pruebas realizadas con equipos, se evidenció que la distancia de prueba fue relevante para la alarma del zumbador, así como para la cantidad de “beep” que se escucharon. En distancias entre 0.3 m. y 4 m. el sonido fue contante, mientras que en distancias de 4.5 m. a 8 m. se escucharon doce “beep” y para distancias de 8.5 m. a 13 m., el zumbador emitió el sonido de dos “beep”.

### **4.1.3 Evaluación de la Reducción de Riesgos después de la Implementación**

#### **4.1.3.1 Accidentes**

La seguridad en entornos mineros es fundamental, de esta manera, cada medida tomada para prevenir accidentes y proteger la integridad de los operarios es muy importante, frente a ese contexto, a continuación, se describirán los resultados obtenidos frente a la implementación de los sensores de

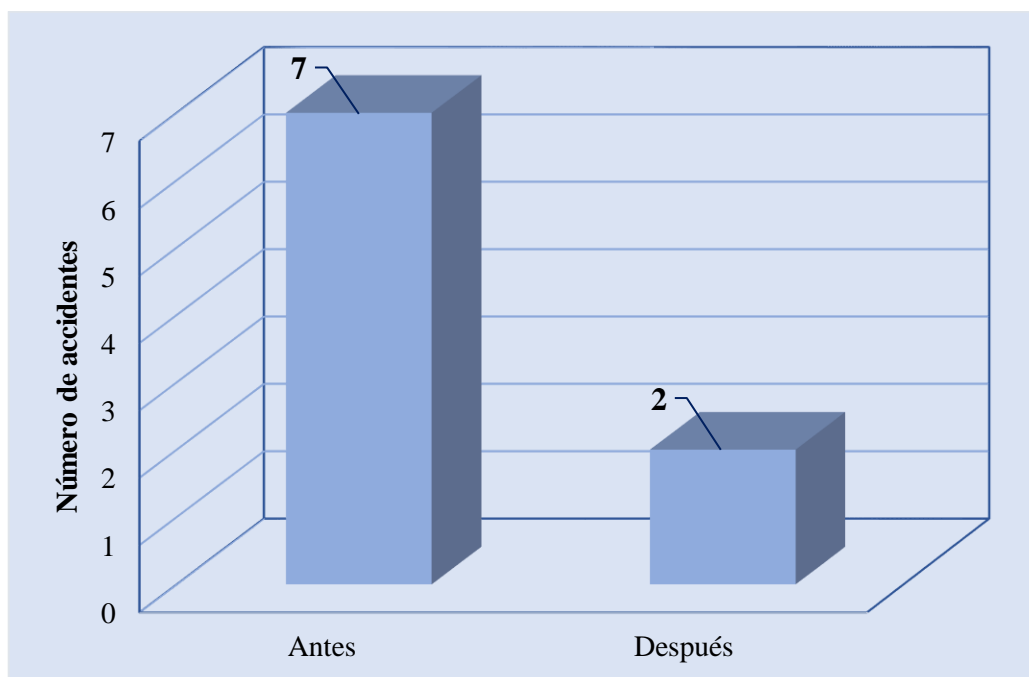
proximidad en los vehículos de la mina Andaychagua, cabe resaltar que dentro de la mina existe una clasificación de accidentes más recurrentes.

Sin embargo, para el estudio se evaluará el choque de equipos y el efecto de la instalación de los sensores de proximidad en la reducción de riesgo. Por ende, en la Tabla 5 y Figura 35, se muestra la cantidad de accidentes antes de la implementación que van desde el mes de enero del año 2022m hasta el mes de febrero del año 2023, y para los accidentes después se tomó en cuenta desde el mes de mayo del año 2023 hasta el mes de diciembre del año 2023. Ello debido a que la implementación se desarrolló entre los meses de marzo y abril del año 2023.

**Tabla 5.**

*Cantidad de accidentes antes y después de la implementación*

<b>ANTES</b>	<b>DESPUÉS</b>
7	2



**Figura 36.** Antes y después de la cantidad de accidentes.

La Figura 36, muestra los impactantes resultados obtenidos tras la implementación de sensores de proximidad en los vehículos de la mina Andaychagua. Se observa una disminución significativa en la cantidad de accidentes registrados durante el periodo que se realizó la investigación. Antes de la instalación de los sensores, el número de accidentes era alarmantemente alto, debido a que se registraron siete accidentes, sin embargo, tras la implementación de esta



tecnología, se evidenció una tendencia baja notable, ya que solo se evidenciaron dos accidentes. El descenso fue drástico y demuestra de manera contundente el impacto positivo de los sensores de proximidad en la seguridad de la mina, garantizando un entorno laboral más seguro y protegiendo la integridad física de los trabajadores.

#### 4.1.3.2 Índice de Frecuencia

El cálculo del índice de frecuencia es importante dentro del estudio, debido a que brinda una medida cuantitativa de la seguridad en el lugar de trabajo, permitiendo evaluar el desempeño de la seguridad de la mina. Por ende, para el presente estudio se calculó dicha frecuencia entre un antes y un después de la implementación de los sensores de proximidad.

- **Antes de la instalación de sensores**

Teniendo en cuenta la siguiente fórmula para el cálculo del índice de frecuencia, se sabe que se dieron siete accidentes en el periodo de enero del año 2022 a febrero del año 2023, lo cual fue antes de la instalación. Asimismo, la cantidad de horas trabajadas equivale a 200 000 horas, lo cual fue hallado de acuerdo con la cantidad de trabajadores, las horas laborables al día y el periodo en estudio. Entonces el índice sería:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000000}{\text{Horas Trabajadas}}$$

$$IF = \frac{7 \times 1000000}{200000}$$

$$IF = 35$$

- **Después de la instalación de sensores**

Para realizar el cálculo del índice de frecuencia después de la instalación de los sensores de proximidad, se sabe que se dieron dos accidentes en el periodo de mayo a diciembre del año 2023. Asimismo, la cantidad de horas trabajadas equivale a 120 000 horas, lo cual fue hallado conforme con la cantidad de trabajadores, las horas laborables al día y el periodo en estudio. Entonces el índice sería:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes} \times 1000000}{\text{Horas Trabajadas}}$$

$$IF = \frac{2 \times 1000000}{120000}$$

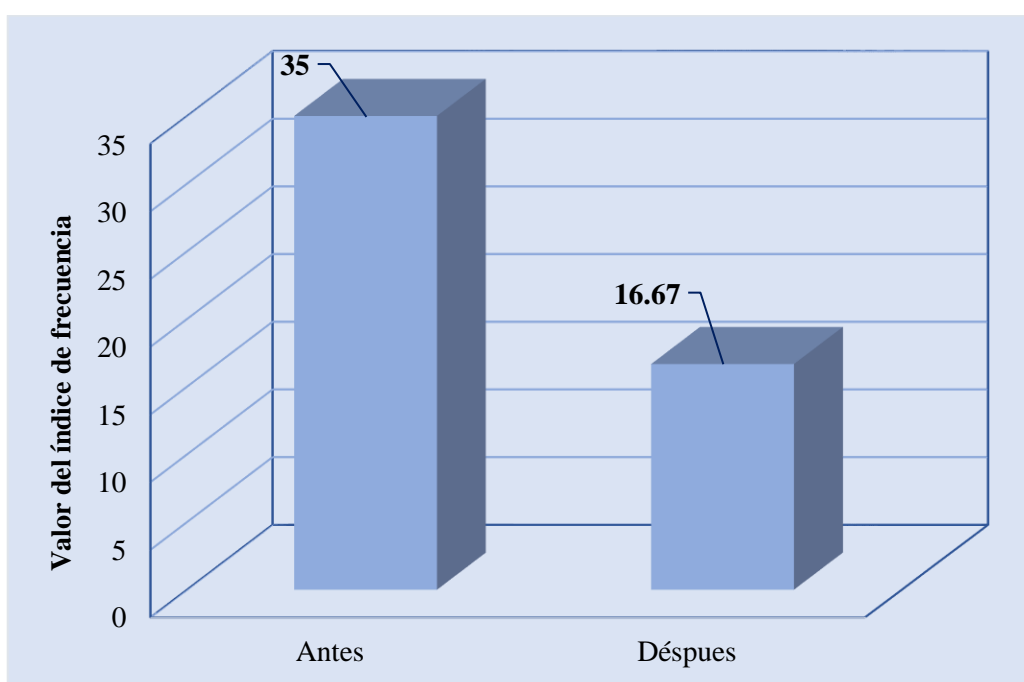
$$IF = 16.67$$

En la Tabla 6 se puede observar los índices de frecuencia antes y después de la instalación, a modo de comparación para observar el impacto que tuvo la implementación de sensores en los vehículos de la mina Andaychagua.

**Tabla 6.**

*Índice de Frecuencia antes y después del estudio*

ANTES	DESPUÉS
35	16.67



**Figura 37.** Índice de Frecuencia entre el antes y después de la implementación.

La Figura 37, muestra el índice de frecuencia comparativo entre un antes y un después de la implementación de los sensores de proximidad en la mina Andaychagua, antes de la instalación, como se observa, el índice era de 35, lo cual indica que ocurrieron 35 accidentes por cada millón de horas trabajadas, sin embargo, tras la instalación este índice disminuyó significativamente a 16.67. Este descenso refleja una mejora sustancial en la seguridad de la mina, además se deduce que la instalación de sensores de proximidad en los vehículos de la mina redujo riesgos como el choque de equipos o atropellos.

#### 4.1.3.3 Identificación de Peligros/Aspectos, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC)

La Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles se realizó a partir de la matriz de Evaluación de Riesgos, como se muestra en la Figura 38, esta evaluación se realizó antes y después de la instalación.

SEVERIDAD	Catastrófico	1	1	2	4	7	11	NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16			
	Permanente	3	6	9	13	17	20	MEDIO	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72HORAS
	Temporal	4	10	14	18	21	23			
	Menor	5	15	19	22	24	25	FRECUECIA		
			A	B	C	D	E			
		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda				

Figura 38. Matriz de Evaluación de Riesgos.

- **IPERC antes de la instalación**

Como muestra el Anexo 2, anteriormente también se tenía un IPERC identificando los peligros, riesgos y los controles, dando la valoración que se tuvo por parte de los operadores frente a los peligros identificados, dentro de ello está “equipo en retroceso y tránsito de equipos”, sin un control de ingeniería y como resultado se tuvo una valoración considerablemente alto como riesgo puro de 5 con los controles realizados como riesgo residual se tuvo una valoración de 19, que efectivamente no era tan bueno para la seguridad de los operadores con respecto a la operación de equipos.

- **IPERC después de la instalación**

Como muestra en el Anexo 3, tras la instalación de sensores de proximidad, una nueva evaluación de las medidas de control aplicadas revela un valor significativamente mayor y mejor, como riesgo puro de 8 y aplicando las medidas de control como riesgo residual bajando a 18, dentro de ello se menciona la implementación del sensor de proximidad, que efectivamente con este tipo de control se reduciría los incidentes presentados en la mina, sobre las colisiones que se tuvo.

#### **4.1.3.4 Inspección**

Como muestra el Anexo 8, anteriormente también se tenía una hoja de inspección del operador Mixer en el cual no incluía el control de la operacionalización del sensor de proximidad. Sin embargo, ya en el Anexo 9, tras la instalación de sensores de proximidad, se colocó en la dimensión “Gestión de neumáticos y aros” dentro de la hoja de inspección, la cual se debe llevar a cabo antes de empezar la operación. Además, también se tenía una hoja de inspección del operador de Robot, en el Anexo 6 se puede visualizar la hoja sin incluir al sensor, sin embargo, ya en el Anexo 7 se puede observar que el sensor fue incluido dentro de “artículos a inspeccionar” debajo del ítem “¿Cuenta con la medición de monóxido y gases nitrosos vigentes?”.

## **4.2 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

El presente estudio se basa en antecedentes y fuentes confiables que favorecieron en el desarrollo de la investigación. Los resultados evidenciaron que la implementación de sensores de proximidad en la mina Andaychagua logró la reducción de riesgos, ello evidenciado sobre todo en la reducción de accidentes, ya que para el periodo evaluado se tuvo 5 accidentes menos tras la instalación de los sensores de proximidad, del mismo modo, Vera (7) quién desarrolló una revisión de la implementación de sensores en la Seguridad Industrial y entre ellos se encuentra el sensor de proximidad, presenta un impacto significativo en la detección de objetos, con el fin de prevenir accidentes o colisiones. Además, la presente investigación aplicado en vehículos de la mina Andaychagua, logró reducir los accidentes por este tipo de transporte en 71.4 %, demostrando que la instalación de sensores de proximidad favorece a la reducción de accidentes con porcentajes considerablemente positivos, asimismo, los resultados de este estudio son mejores comparados con el estudio de Ramírez (2), quien logró una reducción del 36.5 % de los accidentes de tránsito.

Asimismo, al comparar los resultados del presente estudio con Berrocal (1), quién implemento controles tecnológicos para obtener una mejora continua en la reducción de accidentes en el área de construcción de piques, se observa una diferencia significativa en cuanto a la efectividad de las medidas implementadas para reducir accidentes. Ya que en la presente investigación se registró una reducción del 71.4 % en el total de accidentes y del 52.4 % en el índice de frecuencia, en cambio, los resultados de Berrocal fueron menos pronunciados, con una reducción del 25 % y del 55.83 % respectivamente. Estas disparidades podrían atribuirse a la naturaleza de las intervenciones aplicadas, el tamaño y tipo de la muestra, así como las condiciones específicas del entorno laboral en cada estudio.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta, es que en la presente investigación se usaron sensores de proximidad inductivos que ayudaron a detectar con facilidad la presencia de operarios o equipos en el entorno de la mina, además favorecieron considerablemente en las pruebas que se

realizaron, encontrando una relación significativa entre la distancia y el sonido emitido por el zumbador. De igual manera, Mamani (3) demostró que el empleo de sensores de proximidad inductivos, es mejor comparado con los sensores capacitivos y fotoeléctricos en la detección de la presencia de objetos, ya que le ayudó a cumplir con sus objetivos.

Por último, esta investigación realizó pruebas con los sensores en puntos no visibles al vehículo pesado, ante los cuales se observó que la detección de objetos fue precisa en cada una de las distancias evaluadas, en el caso de Erazo (14) quién también implemento sensores de proximidad en la detección de puntos no visibles al exterior del vehículo, logró los mismos resultados ya que permitió una reducción en la pérdida visibilidad que presentaban los vehículos, reduciendo con ello los accidentes de tránsito.

Así es como todos los sistemas implementados y utilizados, ayudan al operador para alertar a los demás de la existencia de vehículos o equipos en el interior de la mina, así como para manejar los equipos en condiciones adversas, lo cual también tiene relación con el desarrollo del proyecto y los proyectos citados anteriormente. Basándose en ello, se puede mencionar que se cumplió con los objetivos propuestos respecto a la reducción de accidentes en función de las diferentes dimensiones e indicadores del estudio.

## **CAPÍTULO V:**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

Una vez culminada la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- La implementación de tecnología de sensores de proximidad en la mina Andaychagua, logró reducir riesgos como el choque de equipos y el atropellamiento, evidenciando considerables ventajas para ayudar al operador en operar de forma segura y detectar algún objeto de los puntos ciegos que no logra observar al momento de maniobrar el equipo.
- La planificación que se desarrolló antes de la instalación fue de mucha ayuda para poder organizar las actividades y obtener mejores resultados como los expuestos anteriormente.
- La instalación del sistema de detección por radar 1T1R se utilizó para poner en marcha el sistema de seguridad, el cual permitió mejorar la seguridad mediante la emisión de una señal sonora a una cierta distancia antes que cause un incidente o accidente, también un mejor cuidado y seguridad del operador al maniobrar el equipo en la mina Andaychagua.
- Con la implementación del sensor de proximidad, no se llegó a tener muchos incidentes con la colisión de equipos, ya que estos incidentes no fueron por fallas técnicas que se tuvo en los equipos, sino por la falta de concentración y cansancio de los operadores y no poder visualizar los puntos ciegos del mismo equipo. Además, se redujo la cantidad de accidentes y se mejoró la valoración del IPERC en relación con la matriz de evaluación de riesgos. Mostrando que la instalación de sensores de proximidad ayudó a reducir riesgos de este tipo en la mina Andaychagua.
- Se determinó la reducción de riesgos mediante el análisis de la cantidad de accidentes antes y después de la instalación, asimismo, se calculó el índice de frecuencia, el cual tuvo una reducción considerable. Esto permitió demostrar que la implementación de los sensores de proximidad reduce riesgos como atropellamientos o colisión de equipos en la mina Andaychagua.
- Finalmente, se concluye con la encuesta de satisfacción de parte de los operadores, quienes se encuentran satisfechos con la implementación de tecnología de sensores de proximidad para reducir riesgos en la mina Andaychagua. Además, que se agregó la

inspección del funcionamiento del equipo posterior a su implementación para continuar con la prevención de riesgos como los evaluados en la investigación.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Después de analizar los resultados obtenidos en este estudio, se han identificado una serie de recomendaciones destinadas a optimizar aún más la implementación y el funcionamiento de la tecnología de sensores de proximidad en la mina Andaychagua:

- Consulta del manual del usuario: Se sugiere que antes de la instalación de los sensores, se realice una exhaustiva revisión del manual del usuario para comprender plenamente los procedimientos de instalación y operación.
- Instalación por personal técnico cualificado: Es esencial que la instalación de los sensores sea llevada a cabo por personal técnico con experiencia y conocimientos en electricidad. Se recomienda verificar cuidadosamente el voltaje de alimentación y garantizar una instalación correcta para evitar posibles inconvenientes.
- Ubicación estratégica del sensor: Se aconseja ubicar el sensor en un lugar estratégico dentro del equipo, preferiblemente en la parte central, para maximizar su capacidad de detección y garantizar una cobertura óptima de los puntos ciegos.
- Manejo cuidadoso durante la instalación: Se insta a evitar caídas o golpes durante la manipulación e instalación del dispositivo para prevenir posibles daños que puedan afectar su funcionamiento.
- Enrutamiento adecuado de los cables: Se recomienda realizar un enrutamiento adecuado de los cables para evitar posibles daños o sobrecalentamiento debido a la proximidad con las áreas de alta temperatura, como el motor diésel del equipo.
- Implementación de un plan de mantenimiento: Se aconseja desarrollar un plan de mantenimiento regular para los sensores, en línea con las estrategias de mantenimiento de la empresa. Se sugiere considerar el enfoque del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM) para complementar las prácticas de mantenimiento existentes.
- Investigación y desarrollo continuo: Se sugiere llevar a cabo investigaciones adicionales sobre dispositivos de seguridad para equipos mineros y explorar la integración de los sensores de proximidad con otros sistemas de seguridad. Esto podría incluir la implementación de sistemas de bloqueo que permitan que el equipo permanezca inactivo después de detenerse, mejorando así la seguridad operativa.

Estas recomendaciones buscan garantizar una implementación eficaz y una operación óptima de la tecnología de sensores de proximidad, contribuyendo así a la mejora continua de la seguridad y la prevención de riesgos en la mina Andaychagua.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BERROCAL, K. Implementación de controles tecnológicos para la mejora continua en la reducción de accidentes en la construcción de piques - Corporación Minera Géminis. Tesis (Magister en Gestión integrada de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente). Lima\_ Un Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2022. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/17779>
2. RAMÍREZ, H. Sistema embebido con sensores inductivos para reducir los accidentes de tránsito en la ciudad de Tarapoto – 2021. Tesis (Título de ingeniero sistemas e informática). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2021.
3. MAMANI, G. Diseño e implementación de un prototipo para automatizar el proceso de embotellado de yogurt en la planta lechera Tacna. Tesis (Título de ingeniero electrónico). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2021. 118 pp. Disponible en: <https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1860?show=full>
4. PIZARRO, A. Desarrollo de un sistema de control electrónico para el aseguramiento del ingreso y salida de pasajeros en ómnibus de transporte público en Lima Metropolitana 2020. Tesis (Título de Ingeniero electrónico). Lima: Universidad Privada del Norte, 2020. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25517?show=full>
5. ADRIANZEN, R. Y PUMA, G. Diseño y desarrollo de un sistema portable de proximidad para invidentes que permite el uso de ambas manos. Tesis (Bachiller en Ingeniería Mecatrónica). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2019. 67 pp. Disponible en: <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2181>
6. RIVERA, P. Diseño de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la disponibilidad de espacios en un estacionamiento vehicular de una universidad. Tesis (Título de ingeniero electrónico). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12808>
7. VERA, J. et al. Review de Sensores en la Seguridad Industrial. Polo del conocimiento, Julio 2022 7(7), 1320-1347. ISSN 2550-682X Disponible en: <https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/4287/10144>
8. QUISHPE-MORALES, S. et al. Diseño de una red con Tecnología Sensor Cloud aplicada en prevención de accidentes de tránsito. Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información, 2019. 708-720 Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2260411336?sourcetype=Scholarly%20Journals>




9. GARZÓN, A. Y PALOMINO, Y. Diseño de un sistema de seguridad para maquinarias de conformado de metales para la empresa Corpacero. Tesis (Título de Ingeniero Mecánico), Colombia: Universidad Del Norte, 2023. <http://hdl.handle.net/10584/11798>.
10. FLÓREZ, I. Estudio de Factibilidad para la implementación de una empresa productora y comercializadora de alcoholímetros y sensores de proximidad para los vehículos. Tesis (Título de Ingeniero Industrial). Bogotá: Fundación Universidad de América, 2020. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7915/1/3132868-2020-1-II.pdf>
11. LÓPEZ, C., ESPINOSA, J. Y VILLARREAL, K. Diseño e implementación de un prototipo de vehículo autónomo a escala con capacidades de visión artificial. Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2021.
12. PNCHANA, R. Y VILLALONGA, A. Diseño y construcción de módulos para sensores de proximidad y transductores de temperatura para el laboratorio de instalaciones industriales. Tesis (Título de ingeniero electrónico) Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana, 2020. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19316>
13. GUZMÁN, E. Y SÁNCHEZ, J. Diseño de módulos para la adquisición de datos y caracterización de sensores de proximidad con PLC y HMI. Tesis (Título de Ingeniero electromecánico). Bogotá: Universidad Antonio Nariño, 2020. Disponible en: <https://repositorio.uan.edu.co/server/api/core/bitstreams/fa7109d4-40b7-4087-a634-28d02f58b3d2/content>
14. ERAZO, D. Desarrollar una interfaz electrónica para detección y visualización de puntos no visibles por el conductor en vehículos pesados. Tesis (Título de Ingeniero en mantenimiento automotriz). Ibarra - Ecuador: Universidad Técnica del Norte, 2021. Disponible en: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10858>
15. POZO, V. Aplicación de sensores de proximidad para automatización de tareas en entornos hospitalarios. Tesis (Título de Ingeniero electrónico industrial y automático). Leganes: Universidad Carlos II de Madrid, 2018. Disponible en: <https://e-archivo.uc3m.es/entities/publication/7f0de13f-a15a-468d-bbe5-fe947a3669ac>
16. GSL. GSL Industrias. [En línea] 10 de Julio de 2021. [https://industriagsl.com/blogs/automatización/sensor\\_sensor\\_de\\_proximidad](https://industriagsl.com/blogs/automatización/sensor_sensor_de_proximidad)
17. OMRON. Sensores de Proximidad Inductivos. Principio de Funcionamiento. CPI. [En línea] s.f. [Citado el: 2 de marzo de 2023.] Disponible en: [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14090/mod\\_resource/content/0/inductivos\\_funcionamiento.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/14090/mod_resource/content/0/inductivos_funcionamiento.pdf).
18. GEYA.NET. [En línea] GEYA, 6 de marzo de 2023. Disponible en: <https://www.geya.net/es/different-types-of-proximity-sensors/>.

19. Universidad T. Sensores y Transductores. Disponible en: [http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm\\_Ch03\\_\\_mfuentesm.pdf](http://www.eudim.uta.cl/files/5813/2069/8949/fm_Ch03__mfuentesm.pdf)
20. FERNÁNDEZ, N. Manual de Proyectos. Andalucía: Junta de Andalucía. Consejería de Gobernación, 2002. 88 pp. Disponible en: <https://fapacordoba.org/wp-content/uploads/2010/10/manualdeproyectos-voluntariado.pdf>
21. DÍAZ, M. Salud y seguridad en trabajos de minería. Argentina: Fundación UOCRA, 2009. ISBN: 978-987-24878-9-8
22. MOLINA, M. Gestión de riesgos críticos para reducir accidentes mortales e incapacitantes en la unidad minera Julcani. Revista de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia, Ciencias y Geográficas, 2023, 26(51). ISSN: 1561-0888
23. HERMOSO, P. Prevención de riesgos laborales en la minería: industrias extractivas subterráneas. Tesis (Título de Relacionista laboral y recursos humanos). Palencia: Universidad de Valladolid, 2023. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/62688/TFG-L3672.pdf>
24. AGUSTINI, L., ROSALES, P. Y YARIN, A. Ratios de accidentabilidad. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2021. Disponible en: <https://industrial.unmsm.edu.pe/wp-content/>
25. DIRECT INDUSTRY. Qué sensor de proximidad elegir [En línea] Disponible en: <https://guide.directindustry.com/es/que-sensor-de-proximidad-elegir/>.
26. CONCEPTO. Teconología. [En línea]. Disponible en: <https://concepto.de/tecnologia/>
27. BORJA, M. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2016.
28. BERNAL, C. Metodología de la investigación. Colombia: Pearson Educación, 3ra. ed. 2010. ISBN 978-958-699-129-2
29. MATOS, P. La observación, discusión y demostración: Técnicas de investigación en el aula. Laurus Revista de Educación, 2008 14(27). 33-52 pp. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76111892003.pdf>
30. ÑAUPAS, H, y otros. Metodología de la investigación. Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis, 5ta ed. Bogotá: Ediciones de la U, 2018. ISBN. 978-958-762-876-0
31. CARRANZA, A. Sistema de gestión y administración anticolidión. Congreso Internacional de innovación tecnológica para minería, energía e industria. Lima: Revista CIIT Perú, 2021, Vol. 3. 25-pp. Disponible en: <https://ciitlatamcongress.com/wp-content/uploads/2021/08/REVISTA-CIIT-Per%C3%BA-Online-2021.pdf>
32. WALKER, S. La Detección de Proximidad Ayuda a Concientizar las Minas. Equipo Minero. Equipo Minero. [En línea] febrero de 2015. Disponible en: <https://www.equipo-minero.com/contenidos/la-deteccion-de-proximidad-ayuda-a-concientizar-las-minas/>.

33. CENTRO para el Control y la Prevención de Enfermedades. Investigación sobre la detección de proximidad [En línea] 22 de febrero de 2018. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/mining/topics/proximidad.html>.
34. TORSAG. Minería, Logística y Energías Renovables: Sistema anticolidión para camiones y vehículos ligeros. [En línea], 2023. Disponible: <https://torsaglobal.com/solucion/sistema-anticolidion-camiones/>

## **ANEXOS**

**Anexo 1: Formato de IPERC Continuo**

 <b>ROBOCON SERVICIOS S.A.C.</b>		CÓDIGO	REG-GSMA-137																																																																						
<b>Identificación de Peligros / Aspectos, Evaluación de Riesgos y Controles</b> (IPERC CONTINUO)		VERSIÓN	00																																																																						
		PAGINAS	1 DE 2																																																																						
UNIDAD DE PRODUCCION: _____	AREA: _____	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SEVERIDAD</th> <th>IMPACTO</th> <th colspan="5">MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Catastrófico</td> <td>Daño extenso</td> <td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>7</td><td>11</td> </tr> <tr> <td>2 Fatalidad</td> <td>Daño mayor</td> <td>3</td><td>5</td><td>8</td><td>12</td><td>16</td> </tr> <tr> <td>3 Permanente</td> <td>Daño moderado</td> <td>6</td><td>9</td><td>13</td><td>17</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>4 Temporal</td> <td>Daño menor</td> <td>10</td><td>14</td><td>18</td><td>21</td><td>23</td> </tr> <tr> <td>5 Menor</td> <td>Daño leve</td> <td>15</td><td>19</td><td>22</td><td>24</td><td>25</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td><td>E</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Sucede Constantemente</td> <td>No sucede a menudo</td> <td>Puede suceder</td> <td>Raro que suceda</td> <td>Imposible que suceda</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="5">FRECUENCIA</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		SEVERIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS					1 Catastrófico	Daño extenso	1	2	4	7	11	2 Fatalidad	Daño mayor	3	5	8	12	16	3 Permanente	Daño moderado	6	9	13	17	20	4 Temporal	Daño menor	10	14	18	21	23	5 Menor	Daño leve	15	19	22	24	25			A	B	C	D	E			Sucede Constantemente	No sucede a menudo	Puede suceder	Raro que suceda	Imposible que suceda			FRECUENCIA											
SEVERIDAD	IMPACTO			MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS																																																																					
1 Catastrófico	Daño extenso			1	2	4	7	11																																																																	
2 Fatalidad	Daño mayor			3	5	8	12	16																																																																	
3 Permanente	Daño moderado			6	9	13	17	20																																																																	
4 Temporal	Daño menor	10	14	18	21	23																																																																			
5 Menor	Daño leve	15	19	22	24	25																																																																			
		A	B	C	D	E																																																																			
		Sucede Constantemente	No sucede a menudo	Puede suceder	Raro que suceda	Imposible que suceda																																																																			
		FRECUENCIA																																																																							
ZONA: _____	NIVEL: _____																																																																								
TURNO: _____	LABOR: _____																																																																								
ACTIVIDAD: _____	FECHA: _____																																																																								
DATOS DEL TRABAJADOR:																																																																									
HORA	NOMBRES	FIRMA																																																																							
¿CÓMO TE SIENTES HOY? <input type="checkbox"/> BIEN <input type="checkbox"/> DISTRAIDO <input type="checkbox"/> PREOCUPADO <input type="checkbox"/> CANSADO <input type="checkbox"/> AFURADO * Si NO te sientes BIEN - PARA - y conversa con tu supervisor o Ingeniero de seguridad																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NIVEL DE RIESGO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>PLAZO DE CORRECCIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ALTO</td> <td>Riesgo inminente, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar PELIGRO o eliminar los peligros operacionales en la labor implementar medidas de emergencia.</td> <td>0-24 HORAS</td> </tr> <tr> <td>MEDIO</td> <td>Riesgo moderado para el personal que trabaja en la actividad. Implementar medidas para eliminarlos o reducirlos.</td> <td>0-72 HORAS</td> </tr> <tr> <td>BAJO</td> <td>Los riesgos pueden ser tolerados.</td> <td>1 Mes</td> </tr> </tbody> </table>				NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE CORRECCIÓN	ALTO	Riesgo inminente, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar PELIGRO o eliminar los peligros operacionales en la labor implementar medidas de emergencia.	0-24 HORAS	MEDIO	Riesgo moderado para el personal que trabaja en la actividad. Implementar medidas para eliminarlos o reducirlos.	0-72 HORAS	BAJO	Los riesgos pueden ser tolerados.	1 Mes																																																										
NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE CORRECCIÓN																																																																							
ALTO	Riesgo inminente, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar PELIGRO o eliminar los peligros operacionales en la labor implementar medidas de emergencia.	0-24 HORAS																																																																							
MEDIO	Riesgo moderado para el personal que trabaja en la actividad. Implementar medidas para eliminarlos o reducirlos.	0-72 HORAS																																																																							
BAJO	Los riesgos pueden ser tolerados.	1 Mes																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN DE PELIGRO / ASPECTO</th> <th>RIESGO</th> <th>EVALUACIÓN IPERC (A, M, B)</th> <th>MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR</th> <th>EVALUACIÓN DEL RIESGO RESIDUAL (A, M, B)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				DESCRIPCIÓN DE PELIGRO / ASPECTO	RIESGO	EVALUACIÓN IPERC (A, M, B)	MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACIÓN DEL RIESGO RESIDUAL (A, M, B)																																																																	
DESCRIPCIÓN DE PELIGRO / ASPECTO	RIESGO	EVALUACIÓN IPERC (A, M, B)	MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACIÓN DEL RIESGO RESIDUAL (A, M, B)																																																																					
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO. 1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____																																																																									
DATOS DE LOS SUPERVISORES <table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE DEL SUPERVISOR</th> <th>MEDIDA CORRECTIVA</th> <th>HORA</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>				NOMBRE DEL SUPERVISOR	MEDIDA CORRECTIVA	HORA	FIRMA																																																																		
NOMBRE DEL SUPERVISOR	MEDIDA CORRECTIVA	HORA	FIRMA																																																																						






## Anexo 2: IPERC antes de la Implementación

ROBOCON SERVICIOS S.A.C.		CÓDIGO	REG-GSMA-137																																										
Identificación de Peligros / Aspectos, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC CONTINUO)		VERSIÓN	00																																										
		PÁGINAS	1 DE 2																																										
UNIDAD DE PRODUCCIÓN: <u>Andujchagua</u> AREA: <u>Mira</u> ZONA: <u>NOCHE-SUP</u> NIVEL: <u>520</u> TURNO: <u>NOCHE</u> LABOR: <u>AC-713</u> ACTIVIDAD: <u>Trasgado de concreto</u> FECHA: <u>20/03/23</u>		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>SEVERIDAD</th> <th>IMPACTO</th> <th colspan="5">MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1 Catastrófica</td> <td>Daño extenso</td> <td>1</td><td>2</td><td>4</td><td>7</td><td>11</td> </tr> <tr> <td>2 Fatalidad</td> <td>Daño mayor</td> <td>3</td><td>5</td><td>8</td><td>12</td><td>16</td> </tr> <tr> <td>3 Permanente</td> <td>Daño moderado</td> <td>6</td><td>9</td><td>13</td><td>17</td><td>20</td> </tr> <tr> <td>4 Temporal</td> <td>Daño menor</td> <td>10</td><td>14</td><td>18</td><td>21</td><td>23</td> </tr> <tr> <td>5 Menor</td> <td>Daño leve</td> <td>15</td><td>19</td><td>22</td><td>24</td><td>25</td> </tr> </tbody> </table>		SEVERIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS					1 Catastrófica	Daño extenso	1	2	4	7	11	2 Fatalidad	Daño mayor	3	5	8	12	16	3 Permanente	Daño moderado	6	9	13	17	20	4 Temporal	Daño menor	10	14	18	21	23	5 Menor	Daño leve	15	19	22	24	25
SEVERIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS																																											
1 Catastrófica	Daño extenso	1	2	4	7	11																																							
2 Fatalidad	Daño mayor	3	5	8	12	16																																							
3 Permanente	Daño moderado	6	9	13	17	20																																							
4 Temporal	Daño menor	10	14	18	21	23																																							
5 Menor	Daño leve	15	19	22	24	25																																							
DATOS DEL TRABAJADOR <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>HORA</th> <th>NOMBRES</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10:30</td> <td>Antonio Ramos Edison</td> <td><i>[Firma]</i></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>		HORA	NOMBRES	FIRMA	10:30	Antonio Ramos Edison	<i>[Firma]</i>							<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="5">FRECUENCIA</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre Comúnmente</td> <td>No siempre</td> <td>Pocas veces</td> <td>Rare que sucede</td> <td>Improbable que suceda</td> </tr> </tbody> </table>		FRECUENCIA					A	B	C	D	E	Siempre Comúnmente	No siempre	Pocas veces	Rare que sucede	Improbable que suceda															
HORA	NOMBRES	FIRMA																																											
10:30	Antonio Ramos Edison	<i>[Firma]</i>																																											
FRECUENCIA																																													
A	B	C	D	E																																									
Siempre Comúnmente	No siempre	Pocas veces	Rare que sucede	Improbable que suceda																																									
(¿CÓMO TE SIENTES HOY?) <input checked="" type="checkbox"/> BIEN <input type="checkbox"/> DISTRAIIDO <input type="checkbox"/> PREOCUPADO <input type="checkbox"/> CANSADO <input type="checkbox"/> APURADO * Si NO te sientes BIEN - PARA - y conversa con tu supervisor o Ingeniero de seguridad		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>NIVEL DE RIESGO</th> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>PLAZO DE CORRECCION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ALTO</td> <td>Se requiere acción inmediata. Si no se puede controlar PELIGRO se suspende la trabajo inmediatamente en la obra</td> <td>24 Horas</td> </tr> <tr> <td>MEDIO</td> <td>Se requiere acción inmediata al riesgo. Trácese a la acción de control dentro de 72 horas</td> <td>72 Horas</td> </tr> <tr> <td>BAJO</td> <td>Se requiere acción de monitoreo</td> <td>1 Mes</td> </tr> </tbody> </table>		NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE CORRECCION	ALTO	Se requiere acción inmediata. Si no se puede controlar PELIGRO se suspende la trabajo inmediatamente en la obra	24 Horas	MEDIO	Se requiere acción inmediata al riesgo. Trácese a la acción de control dentro de 72 horas	72 Horas	BAJO	Se requiere acción de monitoreo	1 Mes																														
NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE CORRECCION																																											
ALTO	Se requiere acción inmediata. Si no se puede controlar PELIGRO se suspende la trabajo inmediatamente en la obra	24 Horas																																											
MEDIO	Se requiere acción inmediata al riesgo. Trácese a la acción de control dentro de 72 horas	72 Horas																																											
BAJO	Se requiere acción de monitoreo	1 Mes																																											
<b>PARE</b>		<b>ANALICE</b>																																											
1. Detente al llegar a su labor e identifique los peligros, determine y analice el riesgo.		2. Evalúe los riesgos de su labor																																											
<b>RESUELVA</b>		<b>EJECUTE</b>																																											
3. Tome acción sobre los riesgos para evitar los accidentes		4. Realice su labor con Seguridad. Evite el riesgo Residual																																											
DESCRIPCIÓN DE PELIGRO ASPECTO	RIESGO	EVALUACIÓN (PARE)			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR			EVALUACIÓN DEL RIESGO RESIDUAL																																					
		A	M	B				A	M	B																																			
Mixar en retorc. 50	Atrampello	5			Usar y observar los espejos laterales y claxon Comunicación con el plantero					19																																			
Abastecimiento de la fibra a la cuba	Atrapamiento	8			Mantener la distancia de la cuba cuando gira					18																																			
Tránsito de equipos	Atrampellamiento Choqueos	8			Tener contacto visual con el operador y emitir sonido con el claxon					18																																			
Subir y bajar del equipo	Caída a diferente nivel			13	Usar los tres puntos de apoyo.					22																																			
Polvo	Inhalación			13	Uso de respirador constante					22																																			
Trasgado de shotcrete	Exposición a Salpicadura			13	Usar lentes de seguridad en todo momento.					22																																			
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO. 1. Usar y observar los espejos laterales y claxon 2. Mantener distancia de la cuba al momento que gira. 3. Tener contacto visual con el operador y emitir sonido 4. Usar los tres puntos de apoyo. 5. Usar los EPPs constantemente.																																													
DATOS DE LOS SUPERVISORES <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>NOMBRE DEL SUPERVISOR</th> <th>MEDIDA CORRECTIVA</th> <th>HORA</th> <th>FIRMA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>W. Jarampa</td> <td>Uso correcto de los Epps</td> <td>11:05</td> <td><i>[Firma]</i></td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>											NOMBRE DEL SUPERVISOR	MEDIDA CORRECTIVA	HORA	FIRMA	W. Jarampa	Uso correcto de los Epps	11:05	<i>[Firma]</i>																											
NOMBRE DEL SUPERVISOR	MEDIDA CORRECTIVA	HORA	FIRMA																																										
W. Jarampa	Uso correcto de los Epps	11:05	<i>[Firma]</i>																																										



Anexo 3: IPERC después de la implementación

 <b>ROBOCON SERVICIOS S.A.C.</b>		CÓDIGO	REQ-GSMA-137					
		Identificación de Peligros / Aspectos, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC CONTINUO)		VERSIÓN	00			
		PÁGINAS		1 DE 2				
UNIDAD DE PRODUCCIÓN:	ANDAYCHAGUA	AREA:	MINA					
ZONA:	Baja	NIVEL:	1150					
TURNO:	Noche	LABOR:	Planta ALIRON					
ACTIVIDAD:	Trasgado de concreto premezclado de la planta al mixer							
FECHA:	17/08/23							
DATOS DEL TRABAJADOR		FIRMA						
HORA	NOMBRES							
9:30 p.m.	EDGAR NAUPA CASO							
¿CÓMO TE SIENTES HOY? <input checked="" type="checkbox"/> BIEN <input type="checkbox"/> DISTRAIDO <input type="checkbox"/> PREOCUPADO <input type="checkbox"/> CANSADO <input type="checkbox"/> APURADO								
* Si NO te sientes BIEN - PAUSA - y conversa con tu supervisor o ingeniero de seguridad								
<b>PARE</b> 1. Detente al llegar a tu labor e identifica los peligros, deténlos y analiza el riesgo.		<b>ANALICE</b> 2. Evalúe los riesgos de la labor.						
<b>RESUELVA</b> 3. Tome acción sobre los riesgos para evitar los accidentes.		<b>EJECUTE</b> 4. Realice su labor con Seguridad. Evale el Riesgo Residual.						
DESCRIPCIÓN DE PELIGRO ASPECTO	RIESGO	EVALUACIÓN DEL RIESGO		MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR		EVALUACIÓN DEL RIESGO RESIDUAL		
		A	M	B		A	M	B
Fatiga y somnolencia	Disminución del estado personal		13		Descansar como mínimo 7 horas			18
Ruido de los equipos (planta y mixer)	Exposición a		13		Usar doble protección auditiva			22
Polvo	Exposición a Inhalación		13		Usar el respirador			22
Tránsito de equipo	Atropellamiento/Choques	8			Tener contacto visual, emitir señales con el claxon			18
Tránsito de peatones	Atropellamiento	8			Dar preferencia de paso al peatón			18
Gases (co-co2)	Inhalación	8			Verificar tablero de monitoreo de gases antes de ingresar			18
Mixer en retroceso	Choques, atropellos	8			Verificar la cámara de retroceso y escuchar el sonido del sensor de proximidad.			18
Abastecimiento de fibra	Atrapamiento		13		Mantener la distancia del giro de la cuba.			22
Subir y bajar del equipo	Caida a diferente nivel		13		Usar los tres puntos de apoyo.			
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO.								
1. Tener contacto visual, emitir señales con el claxon. 2. Dar preferencia al paso del peatón. 3. Verificar el tablero de monitoreo de gases, antes del ingreso al área de trabajo. 4. Verificar la cámara de retroceso y escuchar el sonido del sensor de proximidad. 5. Descansar como mínimo 7 horas								
DATOS DE LOS SUPERVISORES								
NOMBRE DEL SUPERVISOR	MENSAJE CORRECTIVO	FECHA	FIRMA					
D. Tichavilca	Delimitar la zona de trabajo correctamente y uso de EPPs. constantemente	10:00						

**Anexo 4: Formato de ficha de registro de asistencia de satisfacción del personal**

REGISTRO DE SATISFACCION DEL PERSONAL CON RESPECTO A LA CONFORMIDAD DEL SENSOR DE PROXIMIDAD					
FECHA :					
LUGAR :					
Marque <b>SI</b> o <b>NO</b> si está de acuerdo con el uso del sensor de proximidad que se encuentra en el equipo.					
N°	ESTADO Y NOMBRES (porcentaje de asistencia)	SI	NO	OTR	FIRMA
1					
2					
3					
4					
5					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
RESPONSABLE DEL REGISTRO					
NOMBRES Y AP:		NOMBRES Y AP:			
CARGO:		CARGO:			
FIRMA:		FIRMA			
FECHA:		FECHA:			



Anexo 5: Ficha De Registro De Asistencia De Satisfacción Del Personal

REGISTRO DE SATISFACCION DEL PERSONAL CON RESPECTO A LA CONFORMIDAD DEL SENSOR DE PROXIMIDAD				
FECHA: 14/08/23				
LUGAR: Sala de Capacitación				
Marque SI o NO si está de acuerdo con el uso del sensor de proximidad que se encuentra en el equipo				
N°	APELLIDOS Y NOMBRES (Escriba con letra impresa)	SI NO	DNI	FIRMA
1	Condori Curo Richard Jhon	✓	45285014	Rufy
2	Acuña Fernandez S.	✓	71896364	SA
3	Pagan Manitaño	✓	43521024	Juan
4	Pacheco Baltazar Jhony	✓	41123345	Juan
5	Jimenez Salazar José	✓	42624767	Juan
7	Príncipe Rivera Stalin	✓	71935592	Juan
8	Noa Acuña Cirilo Sergio	✓	41493202	SA
9	Mendoza Nieto Eduar Ivan	✓	43674192	Juan
10	ANTONIO RAMOS EDISON	✓	41266477	Juan
11	Ayala Huastrogan Denis	✓	10453819	Juan
12	TORRES SOLANO LEANDRO	✓	71439788	Juan
13	Atencio Magarejo Nino	✓	70766297	Juan
14	Salvador Leon Grimaldo	✓	47253770	Juan
15	Sedano Exobar Alejandro	✓	43967852	Juan
16	Quirope Huachos Victor	✓	43387632	Juan
17	LLANA VENTOCILLA JOSEF	✓	71831067	Juan
18	Jacinto Raymundo Jose Luis	✓	44315883	Juan
19	Leonardo Córdor Hitoshi Rony	✓	71004479	Juan
20	Maupa Caso Eggai Abelardo	✓	41555777	Juan
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				

RESPONSABLE DEL REGISTRO	
NOMBRES Y APELLIDOS: Favio Huamani Cárdenas	NOMBRES Y APELLIDOS: Miguel Pisco Barzola
CARGO: Electricista senior	CARGO: RESIDENTE
FIRMA:	FIRMA:
FECHA: 14/08/23	FECHA: 14/08/23





## Anexo 7: Formato De Inspección De Equipo Robot Con Sensor De Proximidad

	<b>ROBOCON SERVICIOS S.A.C</b> <small>ITALIA</small> <b>INSPECCIÓN DEL OPERADOR DE ROBOT</b>	CÓDIGO: REG-GO-071 REV: 00 PAGINAS: 1 DE 1							
FECHA	CÓDIGO EQUIPO	TURNO	UBICACIÓN	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO TERMINO				
OPERADOR		MARCA MODELS		SUPERVISOR					
<b>VERIFICACIÓN ANTES DE EMPEZAR LA OPERACIÓN</b>									
<b>CONTROLES DIARIOS - INICIO DE TURNO</b>									
ITEM	COMPONENTE A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO	ITEM	ARTÍCULO A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO
	¿La base mecánica está montada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de combustible está por debajo de 1/3 de tiempo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Las bases de rotación están operativas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de rotación está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite de motor es suficiente por debajo del nivel de la cámara de aceite?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿La bomba hidráulica está operativa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel del refrigerante del motor está en su nivel correcto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de seguridad está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de control de velocidad de avance está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de detección y alarma de obstáculos y colisiones está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿La batería y sistema de la batería se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El operador conoce sus límites?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de frenado se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de freno de mano se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es suficiente por debajo del nivel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**NO USAR LA MÁQUINA CON PROBLEMA - APLICAR PARE**

LEYENDA:  PARADA DE EQUIPO  INFORMAR INMEDIATAMENTE A MANTENIMIENTO

FRMA DEL OPERADOR

FRMA DEL ÁREA DE MANTENIMIENTO

FRMA DEL SUPERVISOR

### Anexo 8: Formato De Inspección De Equipo Mixer Sin El Sensor Implementado

		<b>ROBOCON SERVICIOS S.A.C</b> <small>OTULAS</small>				CODIGO: REG-GO-072			
		<b>INSPECCIÓN DEL OPERADOR MIXER (TORNADO)</b>				REV: 00 PÁGINAS: 1 DE 1			
FECHA:	CÓDIGO EQUIPO:	TURNO:	UBICACIÓN:	HOROMETRO INICIAL:	HOROMETRO TERMINO:				
OPERADOR:		MARCÁ MODELO:			SUPERVISOR:				
VERIFICACIÓN ANTES DE EMPEZAR LA OPERACIÓN									
<b>CONTROLES DIARIOS - INICIO DE TURNO</b>									
ITEM	COMPONENTE A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO	ITEM	ARTÍCULO A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO
	¿Los frenos de estacionamiento están operativos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El nivel del combustible está por encima de 1/4 de tanque?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Las luces de retroceso están operativas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico es adecuado para operar el sistema?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿La alarma de retroceso está operativa?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite del motor es adecuado para operar el sistema de la parte de movimiento por partes de movimiento?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿La alarma (chirrido) está operativa?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El nivel del refrigerante del motor está a la altura adecuada para operar el motor?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El sistema de seguridad está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El nivel del aceite hidráulico es adecuado para operar el sistema?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El sistema de control de emisiones está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El nivel de combustible, aceite y refrigerante de agua son adecuados?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El sistema de seguridad está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El filtro de aire se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El sistema de frenado y suspensión está operativo (amortiguadores, ballestas, etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El radiador se encuentra limpio y en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿La batería y sistema de la batería se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Las ruedas, ballestas, ejes, bujes, amortiguadores, etc. se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El operador cumple con todos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El sistema de la batería se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El nivel de aceite (hidráulico), refrigerante de agua, combustible, aceite, etc.?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El asiento del operador se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Las gomas de la silla se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Cuentan con agua y aceite de motor de combustible?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Están girando y/o rotando en la estructura del equipo (chasis, brazo, torreta, etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Cuentan con 80 neumáticos en el equipo y 80 ballestas ballestas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El nivel de control del operador se encuentra operativo (air, freno, etc.)?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El control de nivel se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Están limpios los puntos de operación (hidráulico y eléctrico)?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Cuentan con 80 ruedas y 80 ballestas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Las partes del operador pueden ser vistas de manera clara en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Las letras de Punto de mira, mantenimiento a 30 metros de distancia y otras se encuentran operativas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Cuentan con la iluminación de emergencia y gases de escape operativos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿La alarma de Proximidad se encuentra operativa?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Tiene a su disposición el sistema de alarma para operar?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El sistema de alarma está en buen estado de funcionamiento?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
MOTOR EN MARCHA					GESTIÓN DE NEUMÁTICOS Y AROS				
ITEM	COMPONENTE A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO	ITEM	ARTÍCULO A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO
	¿El freno de estacionamiento y de parqueo se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Las ballestas de mantenimiento y las ballestas de mantenimiento se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El nivel de aceite del motor está operativo?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Tienen control, mantenimiento de sistemas hidráulicos en los neumáticos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El nivel de aceite del motor está operativo?	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Cuentan con 80 neumáticos en buen estado de funcionamiento y mantenimiento?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El sensor de punto muerto se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Las ballestas y neumáticos se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Los mandos de control (joystick) se encuentran operativos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿Las ballestas de mantenimiento se encuentran operativas y mantenidas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El sistema de dirección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El mantenimiento y control de los sistemas hidráulicos se encuentran en buen estado de funcionamiento?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿El nivel de freno y mantenimiento se encuentran operativos?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			¿El sistema de mantenimiento de los neumáticos se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
	¿Las partes de mantenimiento de mantenimiento se encuentran operativas y mantenidas en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
NO USAR LA MÁQUINA CON PROBLEMA. APLICAR PARE									
LETRADA:  PARADA DE EQUIPO       INFORMAR INMEDIATAMENTE A MANTENIMIENTO									
OBSERVACIONES/NOTAS									



### Anexo 9: Formato De Inspección De Equipo Mixer Con El Sensor Implementado

<b>ROBOCON SERVICIOS S.A.C.</b> <small>STAB</small> <b>INSPECCIÓN DEL OPERADOR MIXER (TORNADO)</b>		CODIGO: REG-00-072 REV: 00 PAGINAS: 1 DE 1							
FECHA	CÓDIGO EQUIPO	TURNO	UBICACIÓN	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO TERMINO				
OPERADOR		MARCA MODELO		SUPERVISOR					
<b>VERIFICACIÓN ANTES DE EMPEZAR LA OPERACIÓN</b>									
<b>CONTROLES DIARIOS - INICIO DE TURNO</b>									
ITEM	COMPONENTE A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO	ITEM	ARTÍCULO A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO
	¿En buena disposición están los motores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de combustible está por debajo de 1/4 de tanque?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿En buena disposición están operativas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico se encuentra por debajo del mínimo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿La alarma de vibración está operativa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite de motor se encuentra por debajo del mínimo de la varilla de medición y/o debajo de control?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿La alarma presión está operativa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel del refrigerante del motor está por debajo del mínimo y por debajo del máximo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de seguridad está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de aceite hidráulico se encuentra por debajo del mínimo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de control se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El filtro de combustible, aceite y refrigerante de agua presentan fugas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de seguridad está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El filtro de aire se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de detección y supresión automática de incendios está operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El radiador se encuentra limpio y en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿La batería y bornes de la batería se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Las mangueras hidráulicas en todos los puntos, todos y bornes, exhiben del motor dentro de sus límites en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El operador cuenta con casco?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El sistema de la batería se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Existe material voluminoso? (residuos de aceite, combustible, fangos, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El asiento del operador se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Las gomas de la cuba se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Cumple con los requisitos de limpieza de combustible?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Estos gomas y/o repuestos en la estructura del equipo (cubeta, brazo, hormiguero, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Cumple con el contenido de humedad y el grado de humedad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El panel de control del operador se encuentra operativo (sin fallas visibles)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Cumple con el contenido de humedad y el grado de humedad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Existe fuga de aceite, combustible, refrigerante y hidráulico?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Cumple con el contenido de humedad y el grado de humedad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Las jaulas del operador están en buenas condiciones en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Las bombas de Punto ciego, marfangeo a 30 metros de distancia y otros se encuentran operativas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Cumple con la medición de momento y gases exhaustos operativ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿La alarma de Pro-antique se encuentra operativa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Tiene y está vigente el certificado técnico de Mantenimiento para mixer?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El equipo cuenta con ficha de control de ingreso a labores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
MOTOR EN MARCHA				GESTIÓN DE NEUMÁTICOS Y AROS					
ITEM	COMPONENTE A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO	ITEM	ARTÍCULO A INSPECCIONAR	SI	NO	COMENTARIO
	¿El freno de estacionamiento se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿La bomba de neumáticos y los demás sistemas de control hidráulico se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Existe fuga de aceite del motor diesel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Tiene el freno, hidráulico de estacionamiento en los neumáticos en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Existe fuga de combustible del motor diesel?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Existe fuga de aceite en los aros de neumáticos y perches?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	El exterior de puerta abierta se encuentra operativa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Los aros y neumáticos se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Los mandos de control (oyal) se encuentran operativos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿Los bujes de rueda se encuentran en condiciones y operativos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El sistema de detección se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿La temperatura y presión de aceite del motor diesel en el panel se encuentran en los rangos permitidos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿El pedal de freno y aceleración se encuentran operativos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El nivel de lubricante de mantenimiento se encuentra en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	¿Los sistemas de protección de paradas de frenos de emergencia y de freno de estacionamiento se encuentran en buen estado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			¿El sensor de seguridad se encuentra operativo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
NO USAR LA MAQUINA CON PROBLEMA - APLICAR PARE									
LEYENDA:			PARADA DE EQUIPO		INFORMAR INMEDIATAMENTE A MANTENIMIENTO				
_____ FIRMA DEL OPERADOR									
_____ FIRMA DEL AREA DE MANTENIMIENTO									
_____ FIRMA DEL SUPERVISOR									

### Anexo 10: Operacionalización de variables

Variables	Definición operacional	Mediciones	Indicadores
Implementación de tecnología de sensores de proximidad	La implementación de tecnología de sensores de proximidad se dio a partir de tres dimensiones que son la planificación, implementación y control.	Planificación	Cronograma de las actividades de los trabajos diarios.
		Implementación	Ubicación de sensores de proximidad. Pruebas de sensores de proximidad. Monitoreo y análisis de los equipos mixer y robot, operadores.
		Control	Evaluación de operación del equipo. Identificar el comportamiento de riesgos.
Reducción de riesgos	La reducción de riesgos se analizará a partir de tres dimensiones como la evaluación de riesgos, el índice de frecuencia y de severidad.	Accidentes  Índice de frecuencia	Numero de accidente  $IF = \frac{N^{\circ} \text{ de accid} \times 10^6}{N^{\circ} \text{ de HHT}}$