



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Controles de ingeniería para reducción de riesgo laboral en la actividad de
instalación de calibradores – sector minero

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Industrial

AUTOR

Villa Meza, Bruss Jordan

ORCID: 0000-0002-6540-5709

ASESOR

Saito Silva, Carlos Agustín

ORCID: 0000-0002-8328-5157

**Lima, Perú
2022**

Metadatos Complementarios

Datos del autor(es)

Villa Meza, Bruss Jordan

DNI: 74910886

Datos de asesor

Saito Silva, Carlos Agustín

DNI: 07823525

ORCID: 0000-0002-8328-5157

Datos del jurado

JURADO 1

Quispe Canales, Gustavo Raúl

DNI: 08183404

ORCID: 0000-0002-1070-7304

JURADO 2

Falcón Tuesta, José Abraham

DNI: 08183404

ORCID: 0000-0002-1070-7304

JURADO 3

Rodríguez Vásquez, Miguel Alberto

DNI: 08544988

ORCID: 0000-0001-9829-2571

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 2.11.04

Código del Programa: 722026

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Dios, a mis padres y hermanas quienes han sido mi soporte e inspiración para lograr cumplir mis objetivos personales y profesionales.

Agradecimientos

Mi sincero agradecimiento a Dios, a mis compañeros de trabajo y jefes de la empresa que me dieron la facilidad de ser parte de este proyecto. Además, agradezco a mi asesor por compartir sus conocimientos y experiencia para realizar la presente investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii
CAPÍTULO I: PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Formulación del problema	9
1.2.1 Problema General	9
1.2.2 Problemas Específicos.....	9
1.3 Objetivos generales y específicos	9
1.3.1 Objetivo general.....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
1.4 Delimitación del estudio	10
1.5 Importancia y Justificación del estudio	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1 Marco histórico	15
2.2 Antecedentes del estudio de investigación	21
2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio	25
2.4 Definición de términos básicos.....	55
2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis.....	58
2.6 Hipótesis	59
2.6.1 Hipótesis general	59
2.6.1 Hipótesis específicas	59
2.7 Variables	59
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	61
3.1 Enfoque, Tipo, nivel y diseño de la investigación.....	61
3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	65
3.3.1 Técnicas e instrumentos	66
3.3.2 Criterios de validez y confiabilidad	67
3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos.....	67
3.4 Descripción de procedimientos de análisis.....	68

Capítulo IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
4.1 Resultados.....	70
4.2 Análisis de resultados	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIA	117
ANEXOS.....	121
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	121
Anexo 02: Matriz de Operacionalización	122
Anexo 03: Autorización de consentimiento para realizar la investigación	123
Anexo 04: Formato de Toma de tiempos.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: Población y Muestra PRE y POST por cada una de las variables	65
Tabla 02: Técnicas e instrumentos.....	67
Tabla 03: Matriz de Análisis de datos	69
Tabla 04: Muestra Pre Test del primer objetivo específico	78
Tabla 05: Muestra Post Test del primer objetivo específico	81
Tabla 06: Muestra Pre Test del segundo objetivo específico	84
Tabla 07: Muestra Pre Test del segundo objetivo específico	88
Tabla 08: Muestra Pre Test del tercer objetivo específico	90
Tabla 09: Muestra Post Test del tercer objetivo específico.....	94
Tabla 10: Muestra Pre Test y Post Test del primer objetivo específico	97
Tabla 11: Resumen de procesamiento de casos.....	98
Tabla 15: Muestra Pre Test y Post Test del segundo objetivo específico	102
Fuente Propia	102
Tabla 16: Resumen de procesamiento de datos – muestras Pre Test y Post Test.....	102
Tabla 17: Estadísticas de grupo – Muestras pre y post test	103
Tabla 18: Prueba de Normalidad de las muestras Pre Test y Post Test.....	104
Tabla 19: Prueba de Levene.....	105
Tabla 20: Estadísticas de Grupo	106
Tabla 21: Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes	106
Tabla 27: Resumen de resultados	113
Tabla 028: Matriz de Consistencia	121
Tabla 029: Matriz de Operacionalización.....	122

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Accidentes mortales en el sector minero. Fax Coyuntural de accidentes Mortales- Ministerio de energía y minas.	2
Figura 02 Causas de accidentes en Minería. Elaboración Propia	2
Figura 03 Planta de concreto abasteciendo a transportador Mixkret 5- Interior Mina. Empresa	3
Figura 04 Aplicación de Shotcrete en minería Subterránea. Empresa	4
Figura 05 Calibradores para medir espesor de shotcrete de 2”	5
Figura 06 Instalación de Calibradores. Empresa	6
Figura 07 Diagrama de Ishikawa. Elaboración Propia	7
Figura 08 Sostenimiento con shotcrete – Caída de Shotcrete TJ 953E xVTN522S. Empresa.	8
Figura 09 Evolución de víctimas mortales por desprendimiento de rocas	11
Figura 10 Escala de multas Ley 28806.....	12
Figura 11 Jerarquía de control de riesgos. ISO 45001:2018.....	20
Figura 12 Ahorro de consumo de EPPS. Tesis Implementación de un Control de Ingeniería para la Reducción del Riesgo Laboral de la Actividad de Recuperación de Laminillo en una Empresa Siderúrgica del Sur del País, 2019”	21
Figura 13 Relación proceso, material y pieza. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)	27
Figura 14 Forjado y uso de geometría. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)	28
Figura 15 Laminado, proceso y geometría alcanzada. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)	28
Figura 16 Compactación de polvos. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015).....	29
Figura 17 Torneado. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015).....	29
Figura 18 Electroerosión. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)..	30
Figura 19 Doblado de chapas. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015).....	30

Figura 20	Evaluación de Riesgos. Manual de identificación de Peligros y Evaluación de riesgos	44
Figura 21	Matriz IPERC Continuo. Anexos DS-024-2016-EM.....	45
Figura 22	Matriz básica de Evaluación de Riesgos. Anexos DS-024-2016-EM.....	46
Figura 23	Matriz básica de Evaluación de Riesgos. Anexos DS-024-2016-EM.....	46
Figura 24	Matriz básica de Evaluación de Riesgos (Severidad). Anexos DS-024-2016-EM	46
Figura 25	Matriz básica de Evaluación de Riesgos (Severidad). Anexos DS-024-2016-EM	47
Figura 26	Matriz básica de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos. Anexos DS-024-2016-EM	47
Figura 27	Jerarquía de los Controles. Prevención Laboral Rímac (ISO 45001)	50
Figura 28	Palacios Acero, L. C. (2009). Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos	50
Figura 26:	Media Aritmética. Palacios Acero, L. C. (2009). Ingeniería de métodos	54
Figura 29	Mapa conceptual. Elaboración Propia.....	59
Figura 30	Proceso de Sostenimiento con shotcrete	71
Figura 31	Sostenimiento con shotcrete usando equipo aplicador ROBOT SPM4210 PUTZMEISTER- Unidad Minera BATEAS	72
Figura 32	Actividades de Sostenimiento con Shotcrete según exposición a línea de fuego.	72
Figura 33	Bastón Instalador y Calibrador.....	73
Figura 34	Instalación de calibradores con Bastón Instalador.	74
Figura 35	Instalación de Calibradores – Unidad Minera Bateas	74
Figura 36	Causas del Nivel de riesgo Alto en la actividad de instalación de Calibradores.	75
Figura 37	Iperc Línea Base Inpecon Sac	76
Figura 38	Desprendimiento de roca sobre Brazo Telescópico de Robot Lanzador. Año 2019.	76
Figura 39	Evento por desprendimiento de shotcrete fresco. CAM 474W Nv. 18. U.M Bateas.....	77
Figura 40	Diseño mecánico propuesto – Instalador de Calibradores	79
Figura 41	Mecanizado CNC de Instalador de Calibradores	80
Figura 42	Instalación de calibradores – Línea de Fuego	82

Figura 43 Acoplamiento mecánico	85
Figura 44 Acoples de palanca Fija.....	85
Figura 45 Acoplamiento mecánico instalado al Robot lanzador Putzmeister 4210.	86
Figura 46 Instalador de Calibradores con Acoplamiento Mecánico.....	86
Figura 47 Instalador de Calibradores con Acoplamiento mecánico en Robot Lanzador de shotcrete Putzmeister 4210	87
Figura 48 Ayudante insertando calibrador en Bastón Instalador.....	89
Figura 49 Instalación de calibrador de manera manual.	89
Figura 50 Accidente por desprendimiento de concreto fresco agosto 2022.- UM Bateas	90
Figura 51 Movimientos de Instalador de Calibradores.....	91
Figura 52 Esquema de accionamiento de Pistones Neumáticos	92
Figura 53 Instalación de Calibradores usando el sistema electro neumático.	93
Figura 54 Instalación de calibradores usando el sistema electro neumático.	94

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en una empresa contratista minera, la cual presta servicios de sostenimiento de túneles usando concreto lanzado (shotcrete).

Dentro de las actividades de control de calidad, se identificó a través de los registros de seguridad, a la actividad de instalación de calibradores como una actividad de alto riesgo laboral, esto debido a tiempo elevado de exposición y número de accidentes registrados.

Para solucionar el problema se implementó controles de ingeniería para reducir el nivel de riesgo, el tiempo de exposición y los accidentes registrados. Estos controles se implementarán en el equipo instalador de calibradores. Para lo cual se utilizó 3 tipos de controles de ingeniería, cada uno relacionado a una teoría:

1. Cambiar la forma de hacer el trabajo (Automatización) – Sistema Electroneumático
2. Mantener los peligros lejos de los colaboradores – Acoplamiento mecánicos
3. Cambiar el diseño de equipos y herramienta – Diseño Mecánico

La implementación del diseño Mecánico en el instalador genero la reducción de los valores de riesgo en la actividad de un promedio de 3, definido como nivel de riesgo alto a nivel de riesgo bajo con una valoración promedio de 21. El acoplamiento mecánico implementado en el instalador redujo el tiempo de exposición a superficies inestables reduciendo el tiempo de aplicación de un calibrador un 98% menos que antes de la implementación. Además, la implementación de un sistema electroneumático en el instalador de calibradores, automatizo la actividad y redujo los accidentes de 7 accidentes en los últimos 5 meses, a 1 accidente en los 4 meses de implementación.

Palabras clave: Shotcrete, Controles de Ingeniería, Riesgo Laboral, Instalación de Calibradores, Sistema Electromecánico, Acoplamiento, Diseño.

ABSTRACT

This research was developed in a mining contractor company, which provides tunnel support services using shotcrete. The company identified, through safety reports, the calibrators installation activity as a high occupational risk activity, due to exposure and record of accidents.

To solve the problem, engineering controls were implemented to reduce occupational risk, exposure time and accidents recorded. These controls will be implemented in the calibrator installation equipment, for which the different types of engineering controls were used, each one related to the theory used:

1. Change the way work is done (Automation) – Electropneumatic System
2. Keep hazards away from collaborators – Mechanical couplings
3. Change equipment and tool design – Mechanical Design

The implementation of the Mechanical design in the installer generated the reduction of the risk values in the activity of an average of 3, defined as a high-risk level to a low risk level with an average rating of 21. The mechanical coupling implemented in the installer Reduced exposure time to unstable surfaces by reducing the application time of a calibrator by 98% less than before implementation. In addition, the implementation of an electro-pneumatic system in the gauge installer automated the activity and reduced the accidents from 7 accidents in the last 5 months, to 1 accident in the 4 months of implementation.

Keywords: Shotcrete, Engineering Controls, Occupational Risk, Installation of Calibrators, Electromechanical System, Couplings, Design

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se centra en solucionar el elevado riesgo laboral en el cual están expuestos trabajadores de una contratista minera, los cuales realizan la actividad de instalación de calibradores.

La instalación de calibradores, es una actividad parte del servicio de sostenimiento con concreto lanzado, que brinda la empresa contratista minera.

El servicio consta en estabilizar superficies o túneles inestables haciendo uso de una mezcla de concreto, presión de aire y equipos que realizan la instalación.

Una vez que el concreto es proyectado sobre las superficies, se realiza el control del espesor de la capa proyectada haciendo uso de calibradores, los cuales son instalados sobre el concreto fresco, utilizando una herramienta manual. Por lo cual el trabajador se expone a superficies aun inestables y también a desprendimiento de mismo concreto.

Debido a las condiciones previamente descritas, la actividad es definida como actividad de alto riesgo, esto debido la severidad de las consecuencias y el método que se realiza.

Para la reducción del riesgo laboral de los trabajadores se plantea 3 tipos de controles de ingeniería. Cada control de ingeniería tiene como propósito la mejora en el método de trabajo actual, el cual es 100% manual. A continuación, la tesis se desarrolló teniendo en cuenta cuatro (04) capítulos:

En el capítulo I, se enfoca en describir y formular los problemas identificados, para luego plantear objetivos en los cuales se desarrollará la investigación, además se describe la importancia del estudio.

En el capítulo II, se presenta el marco teórico con el cual se plantea darle solución a los problemas identificados. El marco teórico está basado en el tipo de controles que se implementará, el diseño mecánico de un instalador de calibradores, la implementación de un acoplamiento mecánico y el sistema electro neumático para realizar la operación de manera más automatizada.

Luego se describe los antecedentes de uso de controles de ingeniería en actividades de riesgo, así también se formulan las hipótesis usando la teoría descrita previamente. Se define las variables dependientes e independientes usadas en la hipótesis planteada.

En el capítulo III, se presenta el marco de los métodos que se usaran para obtener la información, los instrumentos y técnicas para recolección de datos. Además, se define la población y muestra por cada variable específica.

En el capítulo IV, se presenta los resultados de las muestras usadas antes y después de la implementación del diseño mecánico en el instalador de calibradores, el acoplamiento mecánico en el instalador de calibradores y el sistema electro neumático. La reducción del riesgo laboral en la actividad abarca:

La reducción del nivel de riesgo para lo cual se registró una reducción de un 520% del promedio de la valoración del nivel de riesgo, según los 9 trabajadores. Lo cual reevalúa a la actividad con un nivel de riesgo bajo.

En cuanto al tiempo de exposición, se redujo el 98% el tiempo de instalación promedio por un calibrador.

El número de accidentes de los últimos 4 meses después de la implementación, se redujo un 86% en comparación a los meses antes.

En este capítulo se describe a detalle la implementación de los tres controles de ingeniería, y como la implementación reduce el riesgo laboral, en la instalación de calibradores.

Además, se realiza un análisis estadístico con las muestras usadas, para la comprobación de sus tendencias, distribución y de la prueba de aceptación o rechazo de las hipótesis planteados

Finalmente se cierra la investigación con conclusiones y recomendaciones para la empresa.

CAPÍTULO I: PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Descripción del problema

En la actualidad en el Perú se explotan 130 operaciones de Minería subterránea, las cuales cuentan con mayores números que las de minería superficial, ya que representa alrededor de 65% del total de unidades mineras, según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

La minería ha sido en los últimos años la principal actividad económica del país, ya que es el sector que genera cantidades elevadas de producción, según el gerente general del IPE, la producción de la minería sobrepasaría los S/110 mil millones en el año 2019.

Sin embargo, a la par del crecimiento en producción y mayores proyectos mineros también se ha visto un desempeño mediocre en cuanto a las estadísticas de seguridad y salud ocupacional. Del 2000 al 2019 han muerto en el sector minero un total de 1,036 personas, según el más reciente boletín estadístico del Minem. Ver Figura 01 En el Perú, según el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), en la última década en la industria minera se han registrado 1,751 accidentes leves; 581 accidentes incapacitantes; 16 accidentes fatales y 3676 días laborales perdidos

Dichos accidentes han sido generados por: desprendimiento de rocas (30%), choques y atrapado en golpes (11%), caídas (9%), atrapado por derrumbes (7%), asfixias (5%) y otros (36%). Ver Figura 02; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

Es importante resaltar que los principales accidentes un 32 % se han dado por desprendimiento de rocas, en minería subterránea. Estos accidentes vienen a ser comunes y mortales en su mayoría, por lo cual nos muestra la importancia de utilizar el mejor método de sostenimiento frente a caídas de rocas.

ACCIDENTES MORTALES EN EL SECTOR MINERO													
PERIODO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	TOTAL
2000	6	4	2	3	3	6	8	0	0	7	8	7	54
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2012	2	6	8	2	4	2	5	5	3	8	4	4	53
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	43
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2017	5	5	3	2	6	1	3	4	2	8	0	2	41
2018	2	1	2	5	3	2	1	3	2	2	3	1	27
2019	4	2	1	4	4	3	3	3	3	1	6	6	40

Figura 01 Accidentes mortales en el sector minero. Fax Coyuntural de accidentes Mortales- Ministerio de energía y minas.

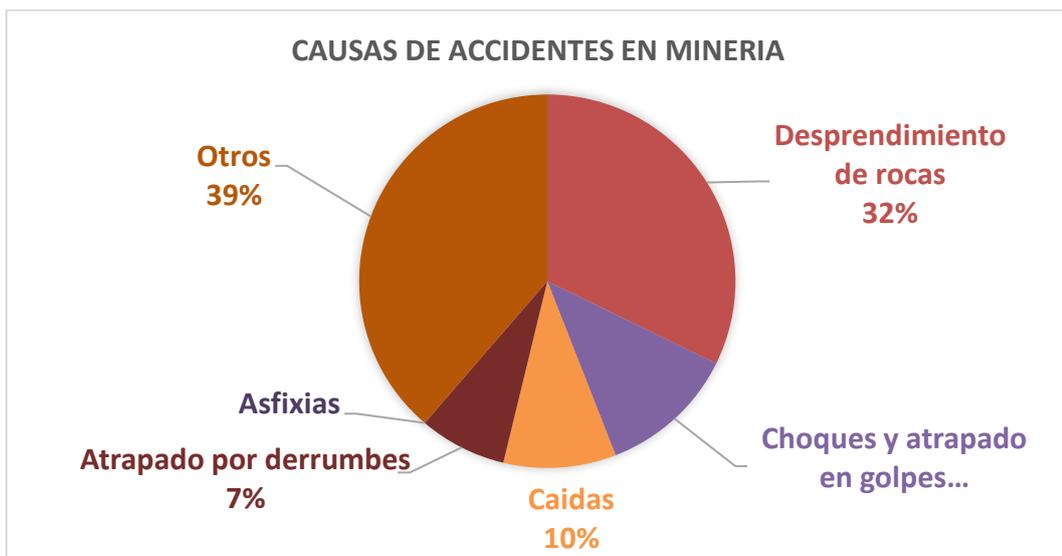


Figura 02 Causas de accidentes en Minería. Elaboración Propia

Dentro de las opciones que tenemos para prevenir las caídas de las rocas es el revestimiento con shotcrete (concreto proyectado). Esta práctica se ha venido implementando en los últimos años por su versatilidad y su eficiencia para recubrir superficies subterráneas.

La presente investigación se desarrollará en la empresa INPECON S.A.C, dedicada a dar servicios de sostenimiento con shotcrete (Concreto Lanzado) en tunelería, actividades complementarias a la explotación minera subterránea.

La empresa ha venido trabajando los últimos años en el sector minería, empleando equipos y maquinaria para realizar un servicio que es imprescindible para garantizar la estabilidad de las excavaciones mineras.

En la actualidad la empresa Inpecon S.A.C. viene trabajando en la Unidad Minera Bateas, subsidiaria de la compañía Fortuna Silver Mines. Mina ubicada en el distrito de Caylloma, provincia de Caylloma, Arequipa.

Inpecon S.A.C brinda servicios de sostenimiento con shotcrete que está dividido en tres sub procesos: Preparación de concreto, transporte de concreto y Aplicación de Concreto. Estos 3 procesos se realizan utilizando maquinaria manejada por operadores.

Para la preparación del concreto premezclado es necesario la implementación de una planta dosificadora. Ver *Figura 03*



Figura 03 Planta de concreto abasteciendo a transportador Mixkret 5- Interior Mina. Empresa

Es en la planta dosificadora de concreto donde inicia el proceso de fabricación de concreto.

El segundo sub proceso realizado para el sostenimiento con concreto lanzado (shotcrete), es el transporte. Esto se realiza a través de transportadores de concreto más conocidos como Mixer de perfil bajo, la maquina recepciona la mezcla realizada en la planta dosificadora para luego llevarla al punto de sostenimiento.

El tercer sub proceso es la aplicación del concreto utilizando el robot aplicador de concreto, que usando sistemas de bombeo realiza la aplicación y sostenimiento de la superficie a una velocidad y viscosidad de la mezcla adecuada suficiente como para adherirla y así conformar una capa que respalda mecánicamente al túnel. Ver Figura 04



Figura 04 Aplicación de Shotcrete en minería Subterránea. Empresa

La aplicación del concreto es realizada por el equipo robot aplicador de shotcrete, el que a través del brazo extensible realiza la aplicación alejando al trabajador de posibles desprendimientos y aplastamientos ocasionados por el derrumbe de superficies inestables.

Sin embargo, existe una actividad dentro de la aplicación del concreto lanzado (shotcrete) que se realiza de manera manual, esta actividad es la instalación de calibradores, que es instalado en el concreto proyectado en los tuneles.

La instalación de calibradores tiene como principal objetivo medir el espesor de shotcrete lanzado en la superficie. El realizar esta actividad de control de espesor significa una exposición directa del personal a superficies que no han sido sostenidas por ende superficies inestables.

Los calibradores son accesorios que cumple la función de Indicador de profundidad. La forma de usarlos es después de haber aplicado la capa de concreto proyectado (shotcrete), mientras la mezcla está fresca, se inserta el calibrador y la forma de la cabeza del calibrador asegura que se haya cumplido el espesor requerido, las medidas más comunes son de 2" y 3". Ver Figura 05

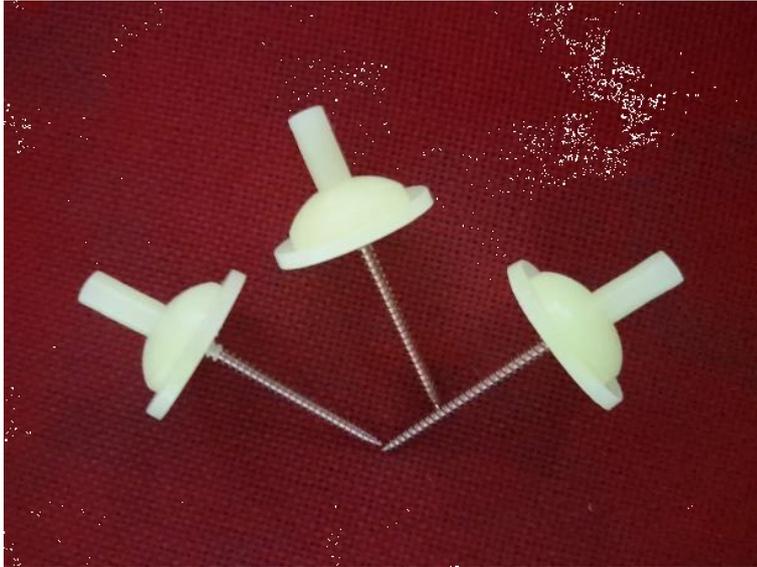


Figura 05 Calibradores para medir espesor de shotcrete de 2"

Al ser una operación 100% manual, el operador requiere de un bastón extensible, donde ubica el calibrador, seguidamente se ubica debajo de la aplicación de shotcrete, extiende el bastón y lo ubica a presión hasta tocar la base rocosa. Ver Figura 06



Figura 06 Instalación de Calibradores. Empresa

Dicha actividad será investigada debido a que es la única actividad que se realiza de manera manual, usando una herramienta que eleva el riesgo laboral al que se expone el trabajador.

A continuación, se analiza las posibles causas por la cual la actividad de instalación de calibradores es considerada de alto riesgo. Ver Figura 07

La empresa en los años de trabajo no registra accidentes mortales a causa de esta actividad. Sin embargo, la exposición al shotcrete fresco ha generado accidentes e incidentes leves y moderados, generados por desplazamiento de superficies inestable al que está expuesto el trabajador. Se tiene reportes de accidentes mortales en otras empresas mientras se realizaba esta actividad.

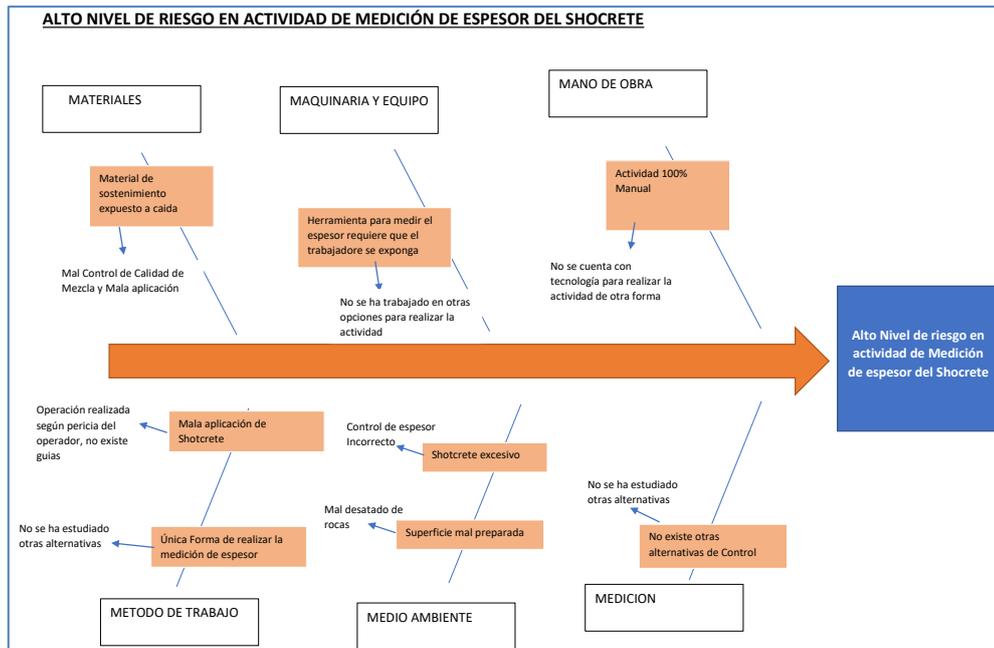


Figura 07 Diagrama de Ishikawa. Elaboración Propia

El riesgo al que debe ser expuesto el trabajador se da por que no se cuenta con otros métodos o herramientas para realizar el trabajo, por lo cual la única forma se realiza desde hace 15 años.

La actividad de instalación de calibradores está valorada con un nivel alto de riesgo, según el IPERC Línea Base e IPERC Continuos, debido a la severidad de las consecuencias de un posible accidente (Accidentes Mortales) y la probabilidad que ocurra son altas (Desprendimientos de Concreto fresco y/o Desprendimiento de rocas inestables)

Además, a pesar de que el sostenimiento con shotcrete (concreto lanzado) se realiza con un equipo robotizado, donde su principal función es alejar al operador de peligros como el derrumbe de rocas, las altas presiones y la exposición directa a elementos químicos.

El tiempo de exposición a las caídas de rocas y concreto fresco es alto debido a que la actividad de instalación de calibradores, se realiza de manera manual y con una herramienta que necesita el acercamiento del trabajador a las superficies inestables, esto como consecuencia eleva el tiempo de exposición.



Figura 08 Sostenimiento con shotcrete – Caída de Shotcrete TJ 953E xVTN522S. Empresa.

Además, el historial de accidentes durante la instalación de calibradores, es elevado y se registra al menos un accidente leve al mes, por lo cual se ha prestado atención a esta actividad por el número de accidentes que la empresa ha registrado hasta la fecha. Accidentes ocasionados por desprendimiento de concreto fresco y por rocas inestables.

La empresa no ha automatizado la actividad de instalación de calibradores, debido a que no contaba con la tecnología adecuada y tampoco con una alternativa para sustituir la manera en que se viene realizando hasta la fecha. Esto genera una exposición constante de los trabajadores, a los eventos por desprendimiento de superficies con shotcrete fresco. Ver Figura 08.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo reducir el riesgo laboral en la Actividad de instalación de calibradores?

1.2.2 Problemas Específicos

- a) ¿Cómo disminuir el nivel de Riesgo en la actividad de instalación de calibradores?

- b) ¿Cómo reducir el tiempo de exposición en la actividad de instalación de Calibradores?

- c) ¿Cómo reducir los accidentes en la actividad de instalación de Calibradores?

1.3 Objetivos generales y específicos

1.3.1 Objetivo general

Implementar controles de ingeniería que permita reducir el riesgo laboral en la instalación de Calibradores.

1.3.2 Objetivos específicos

- a) Implementar el diseño mecánico del instalador de calibradores, para reducir el nivel de riesgo en la instalación de calibradores.

- b) Implementar un acoplamiento mecánico al Instalador de Calibradores para reducir el tiempo de exposición

- c) Implementar un sistema electro neumático para reducir los accidentes en la instalación de calibradores.

1.4 Delimitación del estudio

Delimitación espacial

La investigación está comprendida en las instalaciones de uno de los proyectos mineros donde la empresa INPECON S.A.C es contratista, ubicada en Minera Bateas, Caylloma, Arequipa, Perú.

Por lo tanto, los resultados obtenidos solo se pueden usar según las condiciones que se cumple en la operación minera.

Delimitación temporal

La presente investigación contiene datos de obtenidos en el año 2022

Antes de la implementación: Enero 2022 – Mayo 2022

Implementación: Junio 2022

Después de la implementación: Julio 2022 – Septiembre 2022

Delimitación teórica

La investigación está centrada en el estudio del riesgo laboral en la actividad de colocación de calibradores.

1.5 Importancia y Justificación del estudio

Importancia del estudio

La importancia de la presente investigación está basada en que se propone controles de ingeniería respecto al alto riesgo laboral en la actividad de colocación de calibradores para shotcrete.

La colocación de calibradores viene a ser parte del proceso de sostenimiento con shotcrete. El sostenimiento con shotcrete es el proceso mediante el cual se estabiliza las superficies inestables.

“El sostenimiento con shotcrete es muy rentable, ya que reduce costos, aumenta beneficios y evita accidentes fatales; es aplicable en diferentes empresas mineras porque genera eficacia y un alto contenido de seguridad” (ORTEGA, 2019)

La instalación de calibradores viene a ser una actividad que expone directamente a los trabajadores a superficies inestables, esto pudiendo causar como mayor consecuencia, derrumbes de rocas y aplastamiento.

Según la estadística de los accidentes mortales por desprendimiento de roca son uno de los principales accidentes generados a lo largo del tiempo en la minería subterránea. Ver Figura 09

La reducción del riesgo en una actividad manual expuesta a superficies inestables, trae diversos beneficios relacionados directamente con el trabajador, actividades riesgosas pueden desencadenar accidente e incidente que afecten a la salud y bienestar del trabajador.



Figura 09 Evolución de víctimas mortales por desprendimiento de rocas

Además, los accidentes son pérdidas económicas a la empresa, ya que está sujeta a multas e indemnizaciones al trabajador por afectación a la salud.

Así mismo la investigación es importante ya que en la actualidad, la empresa realiza controles administrativos y de EPPS, sin embargo, el nivel de riesgo elevado puede traer accidentes mortales lo cual según la Ley 28806 Ley general de inspección del Trabajo, los accidentes mortales están bajo multas de hasta de 20 UIT (Unidades Impositivas Tributarias). Ver Figura 10.

Infracción	Base UIT	N° de Trabajadores afectados						
		1 a 10	11 a 20	21 a 50	51 a 80	81 a 110	111 a 140	141 a +
Leves	1 a 5	5 - 10 %	11 - 15 %	16 - 20 %	21 - 40 %	41 - 50 %	51 - 80 %	81 - 100 %
Graves	6 a 10	5 - 10 %	11 - 15 %	16 - 20 %	21 - 40 %	41 - 50 %	51 - 80 %	81 - 100 %
Muy Graves	11 a 20	5 - 10 %	11 - 15 %	16 - 20 %	21 - 40 %	41 - 50 %	51 - 80 %	81 - 100 %

Figura 10 Escala de multas Ley 28806

Respecto a la importancia que significa la implementación de controles de ingeniería para el cliente, de la misma forma que para el contratista disminuye las posibilidades de registrar accidentes leves y/o mortales, para los trabajadores contratistas como también a los trabajadores de la minera.

Además, reduce la posibilidad de registrar accidentes mortales y en consecuencia aumentar los Índices de seguridad registrados y publicados por el Ministerio de Energía y Minas.

Por último, la implementación de controles de ingeniería tiene como resultados directos la reducción de riesgos en la actividad aplicada. También tiene beneficios al proceso y a la productividad total, reducir accidentes e incidentes mejora el ambiente laboral y reduce los costos por descansos médicos.

Justificación del estudio

Justificación Teórica

Desde el punto de vista teórico la presente investigación se desarrolla con el fin de reducir los riesgos en la actividad de colocación de calibradores, actividad desarrollada por la empresa INPECON, parte del servicio de sostenimiento con shotcrete en Minería.

Esto a través la utilización de controles de ingeniería, donde se plantea el rediseño de la herramienta manual, el alejamiento del riesgo a través de la implementación de accesorios y la automatización del sistema planteado para la reducción de accidentes. La investigación realizada aporta al conocimiento existente y genera debate sobre la aplicación de controles de ingeniería para reducción de riesgos, implementados en las actividades de alto riesgo como lo son trabajos en minería subterránea.

Además, se espera que la investigación sirva para desarrollar futuras teorías que respalden la metodología utilizada.

Justificación práctica

La investigación se justifica desde el punto de vista práctico, por que plantea solucionar problemas identificados en la empresa en el área de operaciones. Este problema será abarcado utilizando teorías que generar resultados favorables a la organización.

Estas teorías son: Diseño e implementación de equipos, sistemas de aislamiento del trabajador con los riesgos y automatización de la actividad identificada.

Esta investigación servirá como referencia para otras empresas dedicadas a la misma actividad y también a las mineras como referencias para establecer nuevos estándares de seguridad en la actividad de sostenimiento de shotcrete.

Justificación metodológica

Desde el punto de vista metodológico la presente investigación se sustenta ya que ese usara instrumentos como el análisis documental y la observación directa. Estos instrumentos serán sustento por que se han hecho uso en otras investigaciones y se podrá hacer el uso en futuras investigaciones, además se podrá explicar la validez de los instrumentos usados para cada una de nuestras variables.

Justificación económica

La presente investigación permite reducir el nivel de riesgo y por consecuencia la probabilidad de ocurrencia de accidentes con tiempo perdido lo cual significa, personal con descanso medico lo cual el empleador asume las horas perdidas por los incidentes o accidentes sufridos por el personal, además las sanciones que existen en caso de accidentes mortales.

Desde lo económico la presente investigación también ayuda a reducir costos por accidentes, reduce los costos por gestión administrativa y elimina las sanciones de parte de los clientes al generar condiciones inseguras.

Justificación social

La investigación permite reducir el nivel de riesgo en la actividad de sostenimiento para reducir en el futuro los accidentes por desprendimiento de rocas y/o accidentes realizando la instalación de calibradores de shotcrete. La justificación desde el ámbito social se da debido a su relación directa con la salud de las personas.

Justificación Legal

La investigación se justifica desde la parte legal porque se utilizará como marco teórico leyes y normativa establecida a nivel nacional e internacional, ley de seguridad y salud en el trabajo (Ley 29783), DS -024-2016-EM Reglamento de seguridad y salud en Minería, ISO 45001 Normas internacional de Sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo.

Justificación ecológica

La investigación se justifica desde la parte ecológica ya que las fuentes de energías a usar serán limpias, energía neumática y mecánica.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

En la presente investigación se realizará la implementación de un control de ingeniería para poder reducir los riesgos en las operaciones realizadas en la actividad de aplicación de calibradores, dicha actividad se desarrolla en el contexto de trabajos subterráneos en minería, los cuales están regulados por normativas nacionales e internacionales.

Es importante entender la historia previa del sector para comprender el medio y la importancia de la implementación de un control de ingeniería en un sector tan importante para el país, y que ha venido aportando en el crecimiento tanto económico como social.

La Minería en el Perú

La industria de la minería en el Perú, 20 años de contribución y desarrollo económico del país, según (OSINERGMIN, 2017), detalla lo siguiente:

Desde la revolución industrial hasta nuestros días, el uso de los metales se ha extendido a casi todas las aplicaciones de la vida diaria, desde la fabricación de maquinaria compleja hasta la de textiles. El crecimiento industrial mundial observado en las últimas décadas ha generado una mayor demanda de productos elaborados en base a metales, entre los que destacan computadoras, aviones, barcos, teléfonos celulares, instrumentos médicos, automóviles, edificaciones, etc. La lista de productos cotidianos que se basan en metales es tan extensa que no alcanzarían las páginas de este libro para poder citarlos a todos.

Los metales se presentan de varias formas en la naturaleza de manera disímil, dependiendo del país o zona geográfica. Esto determina que haya “países mineros” en donde la explotación de ciertos minerales es muy importante. Por ejemplo, en Perú y Chile la importancia del cobre es significativa. Los requerimientos de metales por parte de la industria, así como la oferta de los países exportadores, configuran el mercado internacional.

La mayor parte de la demanda proviene de las economías industrializadas (por ejemplo, los países vinculados a la Organización de Cooperación para

el Desarrollo Económico, OCDE) o de regiones en vías de acelerado desarrollo (China e India). Por otro lado, las exportaciones de los países mineros representan la oferta de los productos mineros en el mercado mundial. Por consiguiente, los precios y las cantidades de producción están determinados por las variaciones en las condiciones de oferta y demanda que se producen en dicho mercado.

A lo largo de la historia económica se ha producido una serie de fluctuaciones cuyos patrones se conocen como los ciclos de las materias primas: lapsos de tiempo en donde sus precios presentan altos niveles seguidos de periodos de contracciones. En los últimos años, desde 2002 hasta 2011, el índice de precios de materias primas elaborado por el Fondo Monetario Internacional (FMI) creció en 323%.

Sin embargo, el crecimiento acumulado de este índice entre 2012-2015 se tornó negativo, -34%. Según diversos investigadores y agencias multilaterales, se estaría transitando hacia una etapa recesiva dentro del ciclo de variación de los precios de los metales. Este comportamiento se debe al menor crecimiento de China, así como de otras economías emergentes que impulsaron el auge de los precios mencionados gracias a su impresionante desarrollo industrial durante las últimas décadas.

Asimismo, la crisis financiera mundial que empezó en 2008 ha generado contracciones en la actividad económica de diversas economías desarrolladas, contribuyendo a la reducción de la minería, como actividad económica, ha jugado un papel preponderante desde los orígenes de la humanidad, a partir de que el hombre comenzó a desarrollarla para elaborar herramientas que mejoraran su calidad de vida y permitieran su subsistencia. 19 demanda de productos mineros.

Todo parece indicar que en los próximos años se mantendrá la tendencia a la baja de los precios, configurándose así una “nueva normalidad”, es decir, un nuevo entorno internacional, tal como lo ha denominado el FMI. Como se explica en este libro, este vaivén de los mercados de productos mineros tiene importantes efectos en países cuyas exportaciones dependen de la producción de metales.

En épocas de auge de precios se crean oportunidades de crecimiento y desarrollo para los exportadores mineros, mientras que en tiempos de estancamiento se generan recesiones de la actividad económica con menores tasas de crecimiento, provocando frustración en la población y conflictos sociales. La industria minera genera un impacto importante en las dimensiones sociales y políticas de los países mineros.

Este efecto se ha visto incrementado por la preocupación de la sociedad por disminuir o eliminar las afectaciones negativas que la explotación de los recursos mineros puede causar en la naturaleza, así como en las posibilidades de crecimiento económico a largo plazo.

Reseña Histórica de Inpecon S.A.C

En el año 2006 se forma la empresa Inpecon, s.a.c. fundada por el Sr. Liberato Villa, en la ciudad de Lima, Perú. En sus inicios la empresa incursiona en el rubro de la construcción con la venta de concreto premezclado dirigido a obras civiles y de construcción.

La empresa se posiciona en algunos proyectos importantes en Lima como el abastecimiento de concreto en veredas y obras en las principales avenidas de la ciudad de Lima. El concreto premezclado viene a ser un requerimiento básico para el avance en la construcción.

Es en el año 2010 donde la empresa da un giro debido a una oportunidad de trabajar en el rubro minero, ya que se encontraba en un tiempo de auge para dicho sector. La empresa reemplazó los equipos como mezcladores mixer y planta de concreto por equipos de perfil bajo para minería subterránea.

Es así que la empresa incursiona en el sector, siendo su primer cliente la compañía Volcan S.A. unidad de Cerro de Pasco. La empresa al incursionar a un rubro nuevo empieza con un 50% de equipos propios y 50% de equipos alquilados.

Desde el 2010 cuando la empresa ingresa al rubro minero, ha podido prestar servicios a diferentes clientes de mediana Minería como a las empresas: Volcan, Buenaventura S.A., U.M. Bateas y U.M. Horizonte. Todos los proyectos mineros siendo minas subterráneas, han ido implementando el sostenimiento con shotcrete tecnificado, debido a sus diversas ventajas frente a otras opciones como las mallas de acero y la estabilización con maderas.

Riesgo Laboral

La presente investigación identifica como un factor a medir, estudiar y disminuir al riesgo laboral en una actividad específica. Para esto se tiene que tener en cuenta la historia de la seguridad y salud ocupacional enfocada en la reducción de riesgo en el Perú. El porqué de su implementación, el marco legal que se ejecuta y su desarrollo a través del tiempo.

Perú: La historia de la prevención de los riesgos laborales, según (CARNERO, 2015)detalla lo siguiente:

En el año 1964 se dictó la primera Norma en materia preventiva fue el Decreto Supremo 42-F que dio inicio al Primer Reglamento en Seguridad Industrial, posteriormente en el año 1965 el D.S 029-65-DGS que Reglamentaba la Apertura y Control Sanitario de Plantas Industriales, en 1985 se da la Resolución Suprema 021-83-TR que regula las Norma Básicas de Seguridad e Higiene en Obras de Edificación, en 2001, para sector de Minero se dicta, el D.S. 046-2001-EM Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.

El año 2001 se inicia el primer intento por legislar una norma de prevención de Riesgos laborales y salud en el trabajo, formando una comisión multisectorial representada por:

- a) el Ministerio de Trabajo y Promoción Social o su representante,
- b) el Ministerio de Salud, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de Pesquería,
- c) el Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción,
- d) el Ministerio de Agricultura,
- e) el Seguro Social de Salud “ESSALUD”,
- f) dos representantes de los trabajadores, y
- g) dos representantes de los empleadores, encargada de elaborar un proyecto de reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo.

En el año 2005 se Norma por Decreto Supremo 009-2005.TR el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, que posteriormente fue modificado por Decreto Supremo 007-2007-TR, en el mismo año se dicta la Directiva 005-2009 MTPE/2/11.4, que da los lineamientos sobre inspecciones de trabajo en Materia de Seguridad y salud en la construcción

Civil, que incorporo la Norma Técnica G- 050 Denominada, Seguridad durante la Construcción.

Es así que desde el año 2010 se viene dictando normas de prevención en Riesgos Laborales y Salud en el trabajo.

Dada la coyuntura de la inversión de capitales privados en el sector Minero, Energía, Petróleo, Industria y Construcción, sectores que en los últimos 10 años ha crecido notablemente, el estado de manera responsable ha toma un rol protagónico al promulgar normas de Prevención en Riesgos y salud.

El Decreto Supremo 055-2010-EM, entro en vigencia el 01 de enero del año 2011, esta norma: Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en Minería, que obliga al empleador a la identificación de peligros y evaluación de riesgos en la actividad Minera, a la capacitación y en temas relacionados a los trabajos de alto riesgo, manejo de sustancias peligrosas, reporte de accidentes, con tiempo perdido, incapacitantes y fatales. Entra otras acciones de seguimiento y mejora continua.

La ley 28783, Publicada el 20 de Agosto del 2011, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, es aplicable a todos los sectores económicos y de servicios; comprende a todos los empleadores y los trabajadores bajo el régimen laboral de la actividad privada en todo el territorio nacional, trabajadores y funcionarios del sector público, trabajadores de las Fuerzas Armadas y de la Policía Nacional del Perú, y trabajadores por cuenta propia.

Control de Ingeniería

Norma Internacional, Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo. (ISO 45001,2018) (ISO 45001 Sistemas de Gestion de la seguridad y salud en el trabajo, 2018) Detalla lo siguiente:

Los controles se realizan mediante procedimientos de cercado, aislación, y ventilación. Aislar se refiere a retirar, mover o asegurar una sustancia peligrosa de un lugar a otra para reducir los riesgos. Además, cercado es acercar o rodear una sustancia para evitar el contacto con los trabajadores.

Asegurar las máquinas y revisar la liberación de gases tóxicos. Ventilar el ambiente es una forma de mantener el equilibrio e temperaturas ni cálidas ni frías y elimina la cantidad de residuos sólidos en el aire que inhalan los empleados.



Figura 11 Jerarquía de control de riesgos. ISO 45001:2018

Según la ISO 45001 toda organización debe de tener una jerarquía de controles de riesgos que permitan reducir los riesgos y suprimir los peligros. Ver Figura 11

La jerarquía de controles de riesgos viene siendo tomada en cuenta en todas las organizaciones que implementan un sistema de gestión en seguridad y Salud en el trabajo, alineadas a la ISO 45001 La jerarquización de controles nos permite tomar decisiones de cómo abordar condiciones inseguras o condiciones subestándares.

En la presente investigación se pretende, identificar las causas y proponer una implementación de control de ingeniería, basado en el diseño de un equipo a cambio de la herramienta manual usada en la actualidad, la implementación de un adaptador que permita aislar al trabajador de los riesgos existentes y la automatización del equipo propuesto, en la actividad de instalación de calibradores en tunelería u operaciones subterráneas, que se realicen el sostenimiento usando la aplicación del shotcrete.

2.2 Antecedentes del estudio de investigación

Antecedentes nacionales

(Salazar, 2019) El autor presento su tesis pregrado para lograr el título de Ingeniero Industrial, la investigación titulada “Implementación de un Control de Ingeniería para la Reducción del Riesgo Laboral de la Actividad de Recuperación de laminillo en una Empresa Siderúrgica del Sur del País, 2019” presentado a la universidad Tecnológica del Perú, en esta investigación el autor plantea la implementación de un control de ingeniería y compara la situación antes de la implementación después de haber realizado la implementación, además manifiesta lo siguiente en una de sus conclusiones:

Se implementó un control de ingeniería que permitió reducir el riesgo laboral de la actividad de recuperación de laminillo porque se eliminó 1 riesgo crítico (asociado a muerte por caídas de cargas suspendidas), disminuyó en 3 la cantidad de riesgos bajos (asociado a heridas contuso cortantes por golpes o cortes, lesión aguda por levantamiento de cargas, asfixia por espacios confinados) y en 5 el total de riesgos no significativos; se redujo en 171 horas hombre semanales el tiempo de exposición y se disminuyó en 67 la cantidad de accidentes del periodo agosto 2019-marzo 2020 respecto al año 2018. Ver Figura 12.

	Costo anual de mano de obra (S/.)	Costo anual de consumo de EPP's (S/.)
Situación sin control de ingeniería	146,016	24,192
Situación con control de ingeniería	39,312	2,592
Ahorro generado (S/.)	106,704	21,600
Ahorro total generado (S/.)	128,304	

Figura 12 Ahorro de consumo de EPPS. Tesis Implementación de un Control de Ingeniería para la Reducción del Riesgo Laboral de la Actividad de Recuperación de Laminillo en una Empresa Siderúrgica del Sur del País, 2019”

(Cruz & Salas Zeballos, 2021), el autor presento su investigación titulada “Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo y la reducción del Índice de Riesgos Laborales

en la empresa” la presente investigación es publicada en la revista científica y tecnológica de la universidad Nacional autónoma de Tayacaja Daniel Hernandez Morillo.

La investigación se desarrolla en la empresa Niisa Corporation SA, del rubro de la agroindustria. Tiene como objetivo determinar cómo se puede reducir los riesgos laborales a través de la implementación del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo. Los autores manifiestan lo siguiente:

Los resultados obtenidos fueron de una reducción del Índice de Incidentes Laborales del orden del 4.28%, la reducción del Índice de Accidentes Laborales del orden del 2.38%. Lo que permitió concluir que la aplicación del Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, si logra reducir los riesgos laborales permitiendo que los colaboradores puedan desarrollar sus actividades con tranquilidad, incrementando la productividad y hacer competitiva a la empresa en el mercado de cereales

En la aplicación del sistema de la Seguridad y Salud en el Trabajo de acuerdo a la normatividad vigente en el país, se obtuvo reducción del 19% de los peligros; se cumplieron al 100% las actividades programadas de SST, se cumplió largamente el plan de capacitaciones en horas en un 300% por colaborador (de 80 a 240 horas promedio por colaborador), asimismo el plan de inspecciones se cumplió al 100%, lo que permite realizar toma de decisiones de mejora continua en los procesos.

El índice de incidentes se redujo en 4.29% lo que demuestra que la aplicación e implementación del sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo, da resultados positivos desde los primeros días tal como se aprecia en la Figura 1. Asimismo, los resultados de la estadística inferencial, son significativos con un $P = 0.454$ y $P = 0.212$, por encima de $P < 0.05$.

(Beltrán , 2021) R.A. Beltrán, jefe de Geomecánica, U.E.A. Uchucchacua – Compañía de Minas Buenaventura. Sistema Automatizado para el uso de calibradores en sostenimiento con shotcrete mecanizado.

El autor en su publicación detalla las características técnicas del sistema automatizado, además concluye lo siguiente:

1. El dispositivo empleado para la instalación de calibradores está diseñado observando las complicaciones y riesgos que corre el personal al momento de ser colocados de forma manual como tradicionalmente se hace (bastidores).
2. Con el uso de este dispositivo, se elimina la exposición del personal de sostenimiento con shotcrete a la línea de fuego, evitando accidentes durante dicha actividad.
3. En las pruebas realizadas al utilizar el dispositivo instalador de calibradores se observa que no obstaculiza el proceso de lanzamiento de shotcrete, la ubicación del dispositivo acoplado en el orbitador del robot lanzador se mueve conforme se lanza la mezcla húmeda.
4. Se observa que la instalación de calibradores es rápida y el puntero láser guía ayuda a una distribución uniforme en la zona shotcreteada.
5. El adaptador cuenta con un carrete que cuenta con un número mayor de calibradores, de tal forma que cubre toda un área de avance shotcreteada.

(CARRILLO CHAVEZ, 2017) El autor público su tesis titulada “Propuesta de Prevención de Factores de Riesgos Químicos Mediante la Aplicación de Control de Ingeniería en la Faja Transportadora en la Empresa BBA Ingenieros S.A.C., Basado en el Uso de Filtros de Manga Tipo Pulse Jet, Arequipa, 2015”

En esta desarrolla la propuesta de la prevención de agentes químicos, aplicando controles de ingeniería, basado en el uso de filtros por mangas en fajas de transportadoras, esto con el fin de reducir la polución generada en la operación. Las conclusiones de la presente investigación nos dan información y antecedentes de como un control de ingeniería puede reducir o eliminar en caso de la investigación los factores de riesgo químico. Las conclusiones fueron las siguientes:

Primera. En conclusión puedo decir que la mejor forma de controlar eliminar los factores de riesgo químico como es el caso del polvo en ambientes labores en faja transportadora de materiales en la empresa BBA Ingenieros S.A.C., mediante la aplicación de técnicas de control en ingeniería basado en el uso de filtros de manga tipo pulse jet, mediante la

introducción de propuesta, con la cual se elimina la presencia de polvo de cemento en el área de trabajo, además de mejorar la gestión de la Seguridad más eficiente.

Segunda. En los resultados encontrados se pudo indicar una deficiente labor preventiva en control de riesgos químicos como el polvo que se encuentran presente en las labores de faja transportadora de materiales en la empresa BBA Ingenieros S.A.C. como consecuencia de inadecuado o inexistencia de gestión deficiente en la seguridad y salud.

Tercera. Según la aplicación del D.S. 015-2005-SA, Reglamento sobre Valores Límites permitidos de Agentes Químicos en el Ambiente laboral, el V.L.P. establecido para cemento tipo portland es de 10 mg/m³ (TWA).

Cuarta. Según el estudio del tema la empresa tiene la necesidad de realizar una implementación del control de ingeniería basado en el uso de filtros de maga tipo Pulse Jet que ayude a eliminar el riesgo químico en los empleados al ser inhalados.

Antecedentes internacionales

(Velandia & Arévalo, 2013) El autor redacta un artículo titulado “De la salud ocupacional a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo: más que semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales” en la plataforma de Innovar vol.23. Colombia.

El presente artículo hace un recuento de la historia de la seguridad y salud ocupacional, enfocado en la exposición y riesgo del trabajador a lo largo de la historia humana.

Da una perspectiva desde la prevención de riesgos como parte historia, como definición actual y como garantía de desarrollo y progreso de la civilización.

Desde el punto organizacional, el autor concluye que la salud ocupaciones y la gestión de riesgos tienen incidencias económicas en las organizaciones por lo cual la importancia a darle debe partir desde los rangos directivos. A continuación, parte de las conclusiones del artículo:

Finalmente, los riesgos -incluidos los de salud y seguridad en el trabajo- afectan la capacidad de ejecución de las organizaciones y por ende sus resultados esperados.

Como se puede apreciar, la verdadera gestión de seguridad y salud en el trabajo implica un convencimiento desde la dirección de la organización, así como la comprensión de la rentabilidad económica y social que implica la concepción de sistemas de trabajo sostenibles tanto desde el punto de vista humano como productivo.

El diseño y la implementación de la gestión de riesgos laborales depende de las necesidades particulares de cada organización, sus objetivos concretos, su contexto, estructura, operaciones, procesos operativos, proyectos y servicios.

"La Norma recomienda que las organizaciones desarrollen, implementen y mejoren continuamente su marco de acción con el propósito de integrar el proceso de gestión de riesgos con el gobierno corporativo de la organización, planificación, estrategia, gestión, procesos de información, políticas, valores y cultura" (Castro s/f, p. 1).

En este sentido, "la gestión de riesgos se cataloga como una de las responsabilidades de la dirección de las organizaciones en la medida que se integra con la toma de decisiones, la planificación estratégica, los proyectos en desarrollo, las políticas y valores corporativos" (Nates 2010, p. 38).

Como lo afirma Knight (2007), un programa eficaz de gestión del riesgo (incluso el laboral) combina la cultura de la organización (principios, valores y comportamientos), sus procesos y estructuras (p. 9). Debe ser plasmado en un documento genérico de nivel superior que armonice con la gestión estratégica de la organización (p, 11).

2.3 Estructura teórica y científica que sustenta el estudio

Diseño Mecánico

Según (Lardiés & Fernandez Cuello, 2015) Criterios de diseño mecánico en tecnologías industriales. Zaragoza, Spain: Prensas de la Universidad de Zaragoza.

Menciona sobre el diseño mecánico que “El ejercicio de diseño mecánico se basa en el criterio que adopte el propio diseñador para estimar hasta dónde es válido su producto. Desde el punto de vista mecánico, lo más común es aplicar el concepto de resistencia de un elemento, por ejemplo, de una máquina, bajo el criterio de no fallo, ya sea por fluencia o por fractura, a largo o corto plazo.”

Estos criterios se aplican cuando los esfuerzos que presenta el elemento no superan un cierto valor denominado «tensión admisible», y se basan en la aplicación de diferentes fórmulas que tienen en cuenta el tipo de carga, la variabilidad de esta y la naturaleza del material, entre otras cosas.

Sin embargo, en la mayor parte de los casos, existen condicionantes no tan «catastróficos» como los citados. Se trata de requerimientos del elemento o del producto completo más sutiles, en los que, sin necesidad de que se rompan sus partes o elementos, puede darse el caso de que el conjunto no funcione bien.

Por ejemplo, el desgaste de un bulón condicionará el juego del par cinemático rotatorio hasta el punto de dificultarlo. El calentamiento de una abrazadera puede llevar a una dilatación tal que el apriete por zunchado desaparezca”

A la hora de diseñar un componente mecánico se tienen en cuenta numerosos factores de diseño que van a condicionar su forma y dimensiones. Todos estos factores de diseño se pueden agrupar, por ejemplo, en aspectos funcionales, económicos, medioambientales, productivos, etc.

En ocasiones, puede plantearse fabricar un mismo componente con diferentes procesos de fabricación, y a cada proceso se le podrá asociar una geometría óptima en función de cómo vaya a ser fabricado. Realizar diseños de piezas sin considerar el proceso de fabricación puede dar lugar a diseños irrealizables, que generen importantes defectos o sean deficientes desde el punto de vista de la optimización económica.

Esta lección se va a centrar en analizar criterios de diseño a considerar en los procesos de fabricación característicos de componentes en materiales metálicos. Como se representa en la Figura 13.

Las características geométricas de las piezas, como forma, dimensiones, espesores o tolerancias, calidad superficial o número de piezas a fabricar, pueden estar muy condicionadas por el material o el proceso de fabricación.

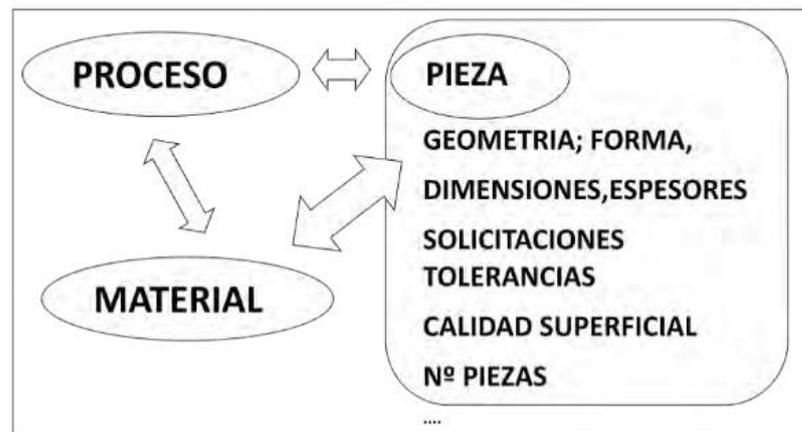


Figura 13 Relación proceso, material y pieza. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Relación proceso/herramienta/forma

Se puede establecer una forma más adecuada para una pieza en función del proceso de fabricación con el que se quiera fabricar. Esta forma óptima dependerá de las características del proceso, fases, parámetros, características de la herramienta con el que se realice, etc. El concepto de «forma sencilla» no puede ser general: irá asociado al proceso de fabricación y variará y dependerá de este.

Un diseñador no puede ser especialista en todos los procesos de fabricación, pero, previamente a realizar un diseño, sí que tiene que ser capaz de informarse y asesorarse sobre los criterios de diseño a tener en cuenta en las piezas que vayan a ser fabricadas con un proceso determinado. Incluso una vez que tenga un primer diseño, ha de chequearlo con una persona especialista en el proceso de fabricación, de cara a obtener un diseño optimizado desde el punto de vista funcional y productivo.

A continuación, se presentan de manera general formas consideradas sencillas para diversos procesos de fabricación. Sin ser expertos en los procesos, analizando cada proceso, las herramientas que se utilizan y los movimientos que realizan se puede en muchos casos justificar el por qué una forma se puede considerar sencilla sin más que aplicar el sentido común. Forja:

Dentro del proceso de forja existen una gran cantidad de procesos. Uno de los más comunes es la forja con martinete, que parece ilustrada en la Figura 14. En este proceso el metal caliente se coloca en el interior de la matriz abierta y al cerrarse se le fuerza a llenar la cavidad.

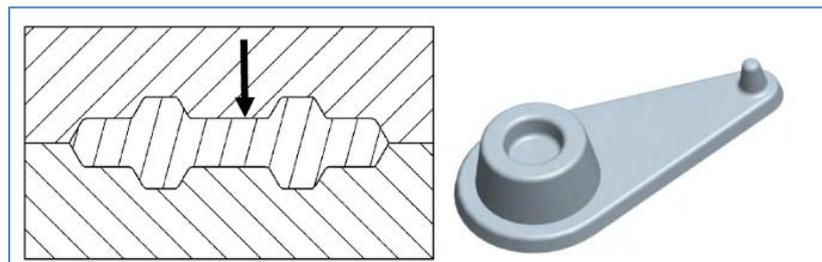


Figura 14 Forjado y uso de geometría. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Laminado: La laminación es un proceso utilizado en la transformación de perfiles y placas. En este proceso se deforma el material mediante rodillos laminadores que en una o varias etapas van dando la forma final al perfil. Ver Figura 15; **Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

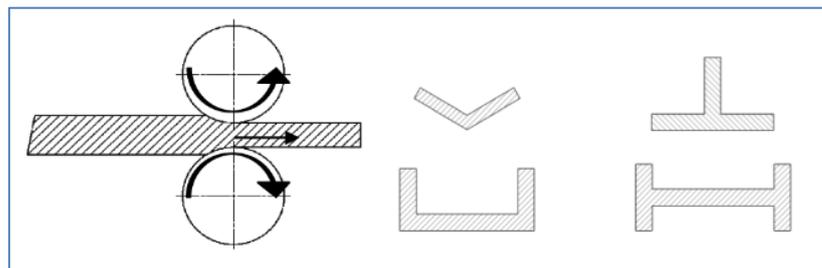


Figura 15 Laminado, proceso y geometría alcanzada. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Compactación de polvos metálicos: En este proceso el material granulado es compactado a presión; durante dicho proceso las partículas sufren una deformación plástica, quedando soldadas. Ver Figura 16.

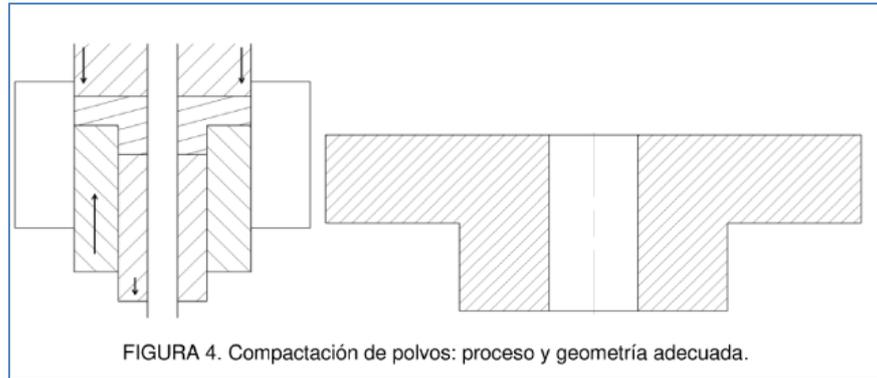


Figura 16 Compactación de polvos. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Fundición y mecanizado: Se verá de forma detallada posteriormente, cómo según el proceso, se pueden asociar formas características. Ver Figura 17.

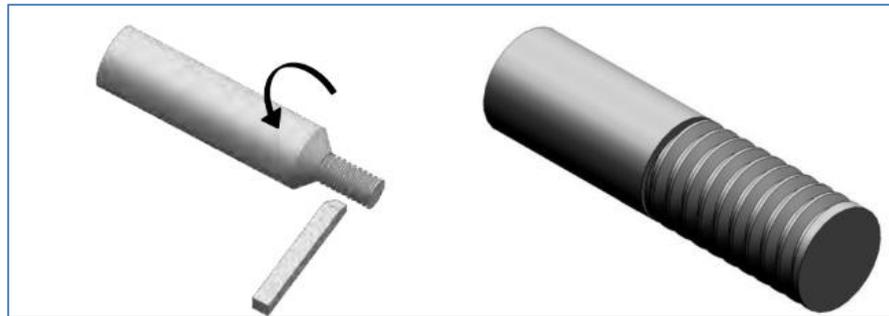


Figura 17 Torneado. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Electroerosión: En este proceso se elimina material por la acción de pequeñas descargas eléctricas entre el material y un electrodo. Este electrodo tiene la forma inversa de la geometría deseada. La superficie que se genera tiene una textura característica formada por pequeños cráteres. Ver Figura 18.

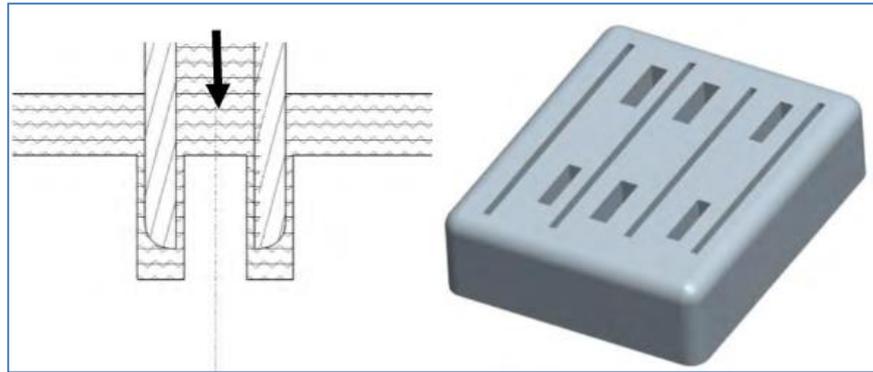


Figura 18 Electroerosión. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Doblado de chapa: En este proceso se generan piezas de pared delgada y espesor uniforme a partir de una chapa plana, que previamente puede haber sido troquelada, que es doblada mediante una dobladora, en uno o varios pasos y con la posibilidad de ayudarse con elementos tipo rulo para generar radios y ángulos predeterminados. El radio de cada doble debe tener un valor mínimo, mayor cuanto mayor sea el espesor de la chapa, para evitar tensiones muy elevadas en las zonas de doblado. Ver Figura 19.



Figura 19 Doblado de chapas. Carlos Javierre Lardiés y Angel Fernandez Cuello (2015)

Acoplamiento Mecánicos

Según (Jopia, 2019) menciona a los tipos y métodos de aplicación de los acoplamiento Mecánicos como:

“Los acoplamiento tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Si dos ejes se pudieran alinear perfectamente, podrían ser conectados con dos cubos con bridas o pernos. Una vez realizado se tiene la seguridad que ninguna de las dos máquinas se moverá sobre la cimentación y que ésta no

se asentará. Es un hecho real que siempre habrá alguna desalineación entre un eje impulsor y un eje impulsado, por lo cual deben ocuparse “acoplamientos flexibles”.

Es decir, el propósito fundamental de los acoplamientos flexibles es transmitir el par de torción requerido desde el eje impulsor al impulsado y compensar el desalineamiento angular, paralelo o una combinación de ambos, con numerosas funciones complementarias como proporcionar desplazamiento axial y así mismo restringirlo.

Tal vez los acoplamientos flexibles son las partes peor tratadas de cualquier maquinaria, tanto por lo que respecta al tiempo de selección como al de instalación. A través de una apropiada selección del acoplamiento y de un buen procedimiento de alineación pueden evitarse altos costos de mantenimiento y pérdida de tiempo en la producción. Diferentes tipos de acoples pueden absorber diversas faltas de alineación, la selección de aquel que absorba la desalineación mayor no siempre es la mejor elección; ya que a veces se produce una desalineación mayor por una reducción en la potencia transmitida o una reducción en la vida útil de los acoplamientos.

Los catálogos de los fabricantes enumeran información de diseño del cual se podrá elegir el acoplamiento más apropiado y por lo común desalineación máxima para cada uno, la desalineación puede cambiar por varias razones: el asentamiento de la de la cimentación, el desgaste de los cojinetes y las distorsiones provocadas por vibración y cambios en la temperatura, etc. Tipos de acoplamientos. Básicamente los acoplamientos se clasifican en dos tipos, los rígidos y los flexibles:

Acoplamientos rígidos: Los acoplamientos rígidos se diseñan para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos en los cuales se requiere una alineación precisa de dos ejes que puede lograrse; en tales casos el acople debe diseñarse de tal forma que sea capaz de transmitir el torque en los ejes.

Los acoplamientos rígidos deben emplearse solo cuando la alineación de los dos ejes puede mantenerse con mucha precisión, no solo en elemento en que se instalan, sino también durante la operación de las máquinas. Si surge desalineación angular, radial o axial significativa, aquellas tensiones que son difíciles de predecir y pueden conducir a una falla temprana del eje debida a fatiga pueden ser inducidas sobre los ejes. Dificultades como las anteriores son susceptibles de evitarse utilizando acoplamientos flexibles.

Acoplamientos flexibles: Los acoplamientos flexibles son diseñados de tal manera que sean capaces de transmitir torque con suavidad, en tanto permiten cierta desalineación axial, radial o angular. Dependiendo del método utilizado para absorber la desalineación, los acoplamientos flexibles pueden dividirse en:

- a) 1.- Acoplamientos de elementos deslizantes.
- b) 2.- Acoplamientos de elementos flexionantes.
- c) 3.- Combinación de acoplamientos deslizantes y flexionantes.

Automatización Neumática

Según (Vásquez Cortés , 2016) Automatización electro neumática. Bogotá, Colombia, menciona a la automatización Neumática como:

“Utiliza como fuente de energía el aire comprimido, el cual se obtiene de sistemas compresores. El elemento base para el tratamiento de las señales es el distribuidor neumático. Las señales deben traducirse a presencia o ausencia de presión neumática. Generalmente se controla las posiciones de cilindros neumáticos. Utiliza la lógica neumática en el diseño. En el libro Automatización Neumática, se trata todo lo relacionado con esta área.”

Automatización Electro neumática

Según (Vásquez Cortés , 2016) Automatización electro neumática. Bogotá, Colombia, define la Automatización Electro neumática como:

Es el área formada por la interacción entre la electricidad y la mecánica. El elemento principal de esta técnica es el relé. El relé está constituido por una bobina que al ser activada por medio de una señal (voltaje) abre o cierra unos contactos, que están anclados a una armadura a través de un muelle, produciendo de esta forma una señal de salida.

Utiliza la técnica de lógica cableada, que es la interconexión de los elementos del automatismo por medio de conductores eléctricos. Otro elemento muy importante perteneciente a esta área es la electroválvula que estudiaremos más adelante en su momento oportuno.

El electro neumático es una disciplina del área tecnológica utilizada para el control, en la que intervienen la neumática, la electromecánica y la electrónica. Cuando la neumática pura convencional llega a sus límites de aplicación y se necesitan soluciones complejas y económicas, la automatización electro neumático nos proporciona otros caminos viables y mayores posibilidades.

En esta tecnología la lógica de control se estructura a través de la interconexión eléctrica de los diferentes elementos que intervienen en el control, debido a esto se llama lógica cableada.

En un automatismo electro neumático los bloques o etapas de la Figura 1.5, estructura general de un automatismo, están constituidas por elementos electromecánicos y neumáticos de la siguiente forma:

Dialogo hombre – máquina

En este bloque se tienen en cuenta la acción principalmente de los pulsadores, selectores, etc. Son estos elementos que suministran señales u orden de inicio del proceso y los valores referencia deseados.

Detección o sensórica

Es el bloque encargado de la adquisición de datos que ingresan al automatismo como información del estado del sistema que se está controlando. Esta información proviene de sensores o de fines de carrera (detectan la posición del vástago en el cilindro), contactos de relé, presóstatos, etc.

Tratamiento de la información

A este bloque le llega la información de la etapa de dialogo Hombre–Máquina y los detectores, ella decide a través de su lógica programada en forma cableada (interconexión relés, contactos, temporizadores, etc.) las respectivas acciones dirigidas a controlar el sistema teniendo como interfaz los actuadores respectivos.

Actuadores o accionadores

La etapa de Tratamiento de la Información una vez que recibe las informaciones pertinentes al estado del sistema a controlar la procesa y toma decisiones en forma de señales que activan las válvulas distribuidoras de aire (electroválvulas), las cuales controlan el estado y posición de los cilindros neumáticos.

Sistema controlado

El sistema controlado está formado por los cilindros neumáticos los cuales accionan sus respectivas cargas mecánicas. Estos son controlados por las electroválvulas que reciben señales del bloque que procesa la información. Los cilindros deben cumplir los desplazamientos programados en el orden previamente establecido en la secuencia de movimientos (Secuencia de Fases).

En este texto estudiaremos los automatismos electro neumáticos y enfocamos el análisis, diseño y desarrollo de los sistemas de control en la aplicación de la experiencia, conocimiento y manejo de tales dispositivos, es decir, se aplica el llamado “método intuitivo”.

Riesgo laboral

Definición

Según (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018) define:

“El riesgo laboral se entiende como la combinación de la probabilidad de que ocurran eventos o exposiciones peligrosos relacionados con el trabajo y la severidad de la lesión y deterioro de la salud que pueden causar los eventos o exposiciones.”

Según (Gutiérrez Strauss, 2011), clasifica los factores de riesgos de la siguiente forma:

Clasificación de factores de riesgo

Factores de riesgo Físico

Son los factores ambientales de naturaleza física, que cuando entren en contacto con las personas pueden tener efectos nocivos sobre la salud dependiendo de su intensidad, exposición y concentración.

Ruido

Cualquier sonido que es molesto y desagradable para el oído humano. Además, suele ser la combinación de un número de frecuencias y corrientemente se le clasifica:

Ruido consiste en un movimiento ondulatorio producido en un medio elástico por una vibración. El desplazamiento complejo de moléculas de aire se traduce en una sucesión de variaciones muy pequeñas de la presión; estas alteraciones de presión pueden percibirse por el oído y se denomina presión sonora. Los factores de sensación sonora dependen de dos factores físicos:

- a) Nivel de presión sonora
- b) Frecuencia
- c) Vibraciones

Son considerados efectos físicos que actúan sobre el hombre por transmisión de energía mecánica desde fuentes oscilantes. Las fuentes de vibración pueden ser golpeteos o fricciones en mecanismos, masas giratorias mal centradas o mal equilibradas, impulsos de presión de aire comprimido, las vibraciones se pueden dividir:

Según la parte del cuerpo a la que afecta en:

- a) Vibración global afectan todo el cuerpo y
- b) Vibraciones locales o segmentarias afectan principalmente manos y brazos.

Según las características físicas en:

- a) Vibraciones libres, periódicas, o sinusoidales, cuando no existen fuerzas externas que modifiquen la amplitud de las sucesivas ondas.
- b) Vibraciones no periódicas choques.
- c) Vibraciones aleatorias, donde sí actúan fuerzas externas.

Según su origen:

- a) Vibraciones producidas en procesos de transformación las interacciones producidas entre las piezas de la maquinaria y los elementos que van a ser transformados, generan choques repetidos que se traducen en vibraciones de materiales y estructuras.

- b) Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales, las producidas como consecuencia de fuerzas alternativas no equilibradas y las que provienen de irregularidades del terreno sobre el que circulan los medios de transporte.
- c) Vibraciones debidas a fallos de la maquinaria, cualquier falla que pueda generar fuerza dinámica y a su vez genera vibración.
- d) Vibraciones de origen natural, depende de los fenómenos naturales difícilmente previsibles (viento, tornados, sismos y de compleja valoración, respecto a su efecto sobre el organismo).La transmisión de las vibraciones a través del organismo, se realiza según los tres ejes del espacio (x, y, z) con características físicas diferentes, cuyo efecto combinado será igual a la sumade los efectos parciales provocados por la acción individual de cada componente, que, además, actuará sobre el conjunto de sistemas del organismo que encuentre a su paso (cardiovascular, nervioso y óseo, fundamentalmente) (Gutiérrez Strauss, 2011)

Iluminación:

Es considerado un factor de riesgo que condiciona la calidad de vida y determina las condiciones de trabajo en que se desarrollan las actividades laborales. Tomando en cuenta que la visión es el proceso por medio del cual se transforma la energía luminosa en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones, la calidad o grado de visión depende de la sensibilidad del ojo, la agudeza visual y el campo visual. Puede producir fatiga ocular, nistagmus.

Además, se puede decir que la iluminación es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión, o densidad de flujo por unidad de superficie. La unidad de medida es el Lux, (lx) que se define como la iluminación que produce un lumen uniformemente repartido sobre una superficie de un metro cuadrado. La unidad de medida es el Lux:

Lx Símbolo: Existen dos fuentes básicas de iluminación: la natural y la artificial. La iluminación natural es suministrada por la luz diurna y presenta indudables ventajas sobre la iluminación artificial:

Permite definir perfectamente los colores, ya que en horas de máxima iluminación pueden existir valores de iluminación superiores a 100.000 Lx.

Es la más económica

Es la que produce menos fatiga visual. No obstante, presenta el inconveniente de ser variable a lo largo de la jornada por lo que deberá completarse con la iluminación artificial. La iluminación artificial es la suministrada por fuentes luminosas artificiales como son las lámparas que según su reparto en el lugar pueden ser distribuidas así:

A. General: Distribución uniforme de la luz.

B. Localizado: Puntos o secciones especiales.

C. Individual: Requiere alto nivel de iluminación en un puesto de trabajo.

D. Combinado: Dos o más tipos.

a) Radiaciones ionizantes: son radiaciones electromagnéticas o corpusculares capaces de producir iones directa o indirectamente a su paso a través de la materia. En esta categoría encontramos Rayos X, Rayos Gamma, Rayos Beta, partículas alfa, neutrones. Enfermedad profesional producida por las radiaciones ionizantes.

b) Radiaciones no ionizantes: Se refiere a aquellas regiones del espectro electromagnético en que la energía de los fotones emitidos es insuficiente, bajo circunstancias ordinarias, para producir ionizaciones en los átomos de las moléculas absorbentes. Generalmente se considera que el límite más bajo de longitud de onda para estas radiaciones no ionizantes es de 100 nm. En esta categoría están incluidas las regiones comúnmente conocidas como bandas infrarrojas (cataratas), visible y ultravioleta (conjuntivitis y lesiones de córnea) la primera convierte la energía en calor y los dos últimos producen reacciones fotoquímicas o fluorescentes.

Confort térmico: se refiere a las características del ambiente determinadas por las diferencias calóricas entre el medio ambiente y las personas y de la cantidad de calor que inherentemente el cuerpo humano produce. El confort térmico se establece por la percepción del colaborador y en procesos productivos calóricos como fundición, siderurgia y refinería, dicha sensación térmica es elevada respecto a otro tipo de actividades industriales convencionales. (Gutiérrez Strauss, 2011)

Factores de riesgo químico

Son aquellos constituidos por elementos y sustancias que, al entrar al organismo, mediante inhalación, absorción cutánea o ingestión pueden provocar intoxicación, quemaduras, irritaciones o lesiones sistémicas.

Depende del grado de concentración y tiempo de exposición pueden tener efectos irritantes, asfixiantes, anestésicos, narcóticos, tóxicos, sistémicos, alérgicos, neumoconióticos, carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos.

Sólidos: Se incluyen en ellos los polvos y las obras. Los polvos son partículas sólidas suspendidas en el aire, cuyo tamaño oscila entre 0.1 y 25 micras de diámetro. Pueden ser generados por procesos u operaciones que produzcan ruptura de materiales sólidos y pueden ser a su vez orgánicos tales como polvos vegetales, polen, polvos de origen animal, plásticos y resinas drogas y pesticidas, o inorgánicos, dentro de los cuales pueden ser neumoconióticos o no neumoconióticos. Las obras también son partículas sólidas, se diferencian de los polvos por su tamaño y pueden ser a su vez fibrogénicas o no fibrogénicas.

Humos: Se clasifican de acuerdo a su naturaleza en metálicos o no metálicos. Son partículas sólidas suspendidas en el aire, originadas en procesos de combustión incompleta. Su tamaño es generalmente inferior a 0.1 micra. Los humos metálicos son producto de condensación de un estado gaseoso, partiendo de la sublimación, condensación o volatilización, así como procesos de oxidación de un metal.

Líquidos: Se incluyen en esta clasificación en neblinas y rocíos. Las neblinas se forman por condensación de una sustancia sobre un núcleo adecuado, el tamaño va desde 0.01 a 10 micras. Los rocíos son partículas líquidas en suspensión en el aire que se forman por la condensación del estado gaseoso al líquido o por dispersión mecánica de un líquido.

Gases: Son aquellas sustancias que se mantienen en estado físico a la temperatura y presión ordinarias (25°C y 760 mm de Hg). Su tamaño es molecular.

Vapores: Son sustancias en estado gaseoso que a temperatura y presión ordinarias se encuentran en estado sólido o líquido. Su tamaño es molecular.

Otros no clasificados: Se incluyen en estos aquellos que no se han podido identificar en cada una de las divisiones anteriormente mencionadas. (Gutiérrez Strauss, 2011)

Factores de Riesgos Biológicos

Son aquellos representados y originados por microorganismos, toxinas, secreciones biológicas, tejidos y órganos corporales humanos y animales, presentes en determinados ambientes laborales, que al entrar en contacto con el organismo pueden desencadenar enfermedades infecciosas, reacciones alérgicas, intoxicaciones o efectos negativos en la salud de los trabajadores.

Virus: Cuando existe contacto o posibilidad de infección con virus, microorganismos de tamaño que oscila entre 18 y 300 nano micras y peso molecular variable, poseen un solo tipo de ácido nucleico (RNA o DNA).

Hongos: Cuando existe contacto o posibilidad de infección con hongos, organismos eucarióticos uni o pluricelulares, heterotropos y necesitan de materia orgánica preformada para desarrollarse. Poseen dimorfismo pudiendo estar en forma de mohos o levaduras que se diferencian por el crecimiento por encima o sobre el sustrato respectivamente.

Bacterias: Cuando existe contacto o posibilidad de infección con bacterias, microorganismos unicelulares que presentan diferentes formas de las cuales depende un tipo de su clasificación (cocos o bacilos).

Parásitos: Cuando existe contacto o posibilidad de infección con parásitos, que son animales que viven a expensas de otros animales o plantas. (Gutiérrez Strauss, 2011)

Factores de Riesgo Ergonómico de Carga Física

Son todos aquellos factores inherentes al proceso o tarea que incluyan aspectos organizacionales, de la interacción del hombre-medio ambiente- condiciones de trabajo y productividad que tienen repercusión en:

Carga física: se refieren a los factores que entorno a la labor realizada imponen en el trabajador un esfuerzo físico e implica el uso de los

componentes del sistema osteomuscular y cardiovascular. Estos factores son: Postura, Fuerza y Movimiento.

Carga estática: la originada por la prolongada contracción muscular es más fatigoso que el esfuerzo dinámico o sea el movimiento.

Posturas: la postura de trabajo, dentro del esfuerzo estático, es la que un individuo adopta y mantiene para realizar su labor. La postura ideal y óptima dentro de esta concepción sería: la posición de los diferentes segmentos corporales con respecto al eje corporal con un máximo de eficacia y el mínimo de consumo energético, además de un buen confort en su actividad. Las posturas son consideradas factor de riesgo de carga física cuando son:

Prolongadas: es decir el trabajador permanece en ella por más del 75% de la jornada laboral.

Mantenidas: cuando el trabajador permanece por más de dos horas (de pie) sin posibilidad de cambios o más de 10 minutos (cucullas, rodillas).

Inadecuadas: cuando el trabajador por hábitos posturales, o por el diseño del puesto de trabajo adopta una postura incorrecta.

Forzadas o extremas: cuando el trabajador por el diseño del puesto de trabajo debe realizar movimientos que se salen de los ángulos de confort.

Antigravitacional: cuando adopta posturas en las que algunos de los segmentos corporales, deben realizar fuerza muscular en contra de la fuerza de la gravedad.

Carga dinámica: es la ocasionada por el trabajo muscular durante el movimiento repetitivo o durante acciones esforzadas como el levantamiento y transporte de cargas o pesos. Se convierte en factor de riesgo cuando el esfuerzo realizado no es proporcional al tiempo de recuperación, cuando el esfuerzo se realiza sobre una carga estática alta, cuando hay alto requerimiento de movimientos repetitivos. Ej. el 50% de la jornada laboral, cuando los métodos de realización de la fuerza y/o el tipo de herramienta con la que se hace la fuerza no son soportados, los agarres son insuficientes y por el impacto.

Diseño del puesto de trabajo: se trata de las características del entorno al espacio de trabajo, en relación con las áreas de trabajo, los planos, los

espacios, las herramientas, los equipos, las máquinas de trabajo. Se convierten en factor de riesgo cuando esas condiciones del trabajo o requerimientos (demandas) de la tarea no corresponden a las aptitudes físicas del trabajador. (Gutiérrez Strauss, 2011)

Factor de Riesgo de Inseguridad

Son todos los factores de riesgo que involucra aspectos relacionados con electricidad, explosión e incendio, mecánicos y locativos.

Electricidad: Se refiere a los sistemas eléctricos de las máquinas, equipos instalaciones locativas que conducen o generan energía dinámica o estática y que, al entrar en contacto pueden provocar, entre otras lesiones como: quemaduras, shock, brilación ventricular, según sea la intensidad y el tiempo de contacto. Factores a tener en cuenta: tipo de corriente, intensidad, tipo de contacto, resistencia del cuerpo, tensión, recorrido de la corriente a través del cuerpo.

Alta tensión: todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean superiores a 1.000 voltios para corriente alterna y 1.500 voltios para corriente continua. **Baja tensión:** aquella cuyo valor eficaz es inferior a 1000 voltios en alterna y de 1500 en continua.

Explosión e incendio (factores de riesgo físico-químico): Se consideran a todos los objetos, elementos, sustancias, fuentes de calor o sistemas eléctricos que, en ciertas circunstancias de inflamabilidad, combustibilidad o defectos, respectivamente puedan desencadenar incendio y explosiones.

Mecánicos: Este factor de riesgo hace referencia a todo lo relacionado con objetos, máquinas, equipos y herramientas que, por sus condiciones de funcionamiento, diseño, forma, tamaño, ubicación tienen la capacidad potencial de entrar en contacto con las personas o materiales provocando lesiones o daños.

Locativos: Este factor de riesgo hace referencia a condiciones de las instalaciones o áreas de trabajo que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa, pueden

generar caídas, golpes, atrapamiento etc., o se puede decir que es todo lo relacionado con infraestructura involucra techos, paredes, escaleras, ventanas, sistemas de almacenamiento, etc., que en un momento determinado puedan producir lesiones personales y daños materiales. (Gutiérrez Strauss, 2011)

Factor de Riesgo del Medio Ambiente Físico y Social

Son todas las condiciones externas que pueden desencadenar alteraciones en los trabajadores y que normalmente no pueden ser controladas directamente por el empleador. Se clasifican en:

Exposición a violencia social: son todos los factores de riesgo inherentes a la laboro al trabajo.

Contaminación ambiental: alteración de la pureza o calidad de aire, agua, suelo o producto, por efecto de adición o contacto accidental o intencional.

El entorno, incluyendo el agua, aire y el suelo y su interrelación, así como las relaciones entre estos elementos y cualquiera de los organismos vivos.

Desastre natural: es el daño o la alteración grave de las condiciones normales de vida en un área geográfica determinada, causada por fenómenos naturales y por efectos catastróficos de la acción del hombre en forma accidental, que requiera por ello de la especial atención de los organismos del Estado y de otras entidades de carácter humanitario o de servicio social. (Gutiérrez Strauss, 2011)

Evaluación de Riesgos

Según (Vértice, 2011) Prevención de riesgos laborales. Málaga, Spain: Editorial Publicaciones Vértice.

La evaluación de riesgos es uno de los instrumentos más importantes en la actuación preventiva. Es el proceso dirigido a estimar la magnitud, o peligrosidad de crear daño, de los riesgos que no hayan podido evitarse. La información obtenida gracias a la evaluación inicial de riesgos sirve de base para decidir si hay que adoptar medidas preventivas y de qué tipo.

El empresario deberá consultar, previamente a realizar la evaluación, a los representantes de los trabajadores o en su defecto a los mismos

trabajadores sobre el método o procedimiento para identificar los posibles riesgos, ya que existen diferentes formas de efectuar estas evaluaciones. En aquellos puestos de trabajo cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de adoptar medidas preventivas, se habrá de documentar por escrito y mantenerla a disposición de la Autoridad Laboral. (Vértice, 2011) Toda evaluación de riesgos respecto a su contenido debe aportar como mínimo lo siguiente:

- a) La identificación de todos los puestos de trabajo indicando el personal ligado a cada puesto.
- b) Los riesgos existentes y el personal afectado o expuesto.
- c) El resultado de la evaluación y las actuaciones preventivas a realizar para eliminar y reducir esos riesgos.
- d) Los métodos y criterios empleados en la evaluación. (Vértice, 2011)

Según (Silva, 2011) Manual de identificación de Peligros y Evaluación de riesgos.

El sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo de la empresa debe estar basado en estos valiosos métodos de identificación de peligros para asistir a aquellas evaluaciones de riesgos que:

Evalúen la posibilidad de una ocurrencia y la consecuencia del riesgo en casos de materializarse

El proceso de evaluación de los riesgos para determinar el nivel de riesgos, haciendo uso de una matriz, debe responder a las siguientes preguntas, ver Figura 20; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.:**



Figura 20 Evaluación de Riesgos. Manual de identificación de Peligros y Evaluación de riesgos

Identificación de Peligros y evaluación de Riesgos

Según él (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016) define la identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos como: “Proceso sistemático utilizado para identificar los peligros, evaluar los riesgos y sus impactos y para implementar los controles adecuados, con el propósito de reducir los riesgos a niveles establecidos según las normas legales vigentes.”

Artículo 95.- El titular de actividad minera deberá identificar permanentemente los peligros, evaluar los riesgos e implementar medidas de control, con la participación de todos los trabajadores en los aspectos que a continuación se indica, en:

- a) Los problemas potenciales que no se previeron durante el diseño o el análisis de tareas.
- b) Las deficiencias de las maquinarias, equipos, materiales e insumos.
- c) Las acciones inapropiadas de los trabajadores.
- d) El efecto que producen los cambios en los procesos, materiales, equipos o maquinarias.
- e) Las deficiencias de las acciones correctivas.
- f) En las actividades diarias, al inicio y durante la ejecución de las tareas.

Al inicio de toda tarea, los trabajadores identificarán los peligros, evaluarán los riesgos para su salud e integridad física y determinarán las medidas de control más adecuadas según el IPERC - Continuo del ANEXO N° 7, las que serán ratificadas o modificadas por la supervisión responsable.

En los casos de tareas en una labor que involucren más de dos trabajadores, el IPERC - Continuo podrá ser realizado en equipo, debiendo los trabajadores dejar constancia de su participación con su firma. (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016) Ver Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25 y Figura 26

LOGO EMPRESA		ANEXO N° 7 FORMATO IPERC CONTINUO				Código: Versión: Fecha: Página 1 de 1		
FECHA, LUGAR Y DATOS DE TRABAJADORES:								
FECHA	HORA	NIVEL/ÁREA	NOMBRES			FIRMA		
DESCRIPCIÓN DEL PELIGRO	RIESGO	EVALUACIÓN IPER			MEDIDAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR	EVALUACIÓN RIESGO RESIDUAL		
		A	M	B		A	M	B
SECUENCIA PARA CONTROLAR EL PELIGRO Y REDUCIR EL RIESGO.								
1.-								
2.-								
3.-								
DATOS DE LOS SUPERVISORES								
HORA	NOMBRE SUPERVISOR		MEDIDA CORRECTIVA			FIRMA		

Figura 21 Matriz IPERC Continuo. Anexos DS-024-2016-EM

SEVERIDAD	Catastrófico	1	1	2	4	7	11
	Mortalidad	2	3	5	8	12	16
	Permanente	3	6	9	13	17	20
	Temporal	4	10	14	18	21	23
	Menor	5	15	19	22	24	25
			A	B	C	D	E
		Común	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Prácticamente imposible que suceda	
		FRECUENCIA					

Figura 22 Matriz básica de Evaluación de Riesgos. Anexos DS-024-2016-EM

NIVEL DE RIESGO	DESCRIPCIÓN	PLAZO DE MEDIDA CORRECTIVA
ALTO	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar el PELIGRO se paralizan los trabajos operacionales en la labor.	0-24 HORAS
MEDIO	Iniciar medidas para eliminar/reducir el riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72 HORAS
BAJO	Este riesgo puede ser tolerable.	1 MES

Figura 23 Matriz básica de Evaluación de Riesgos. Anexos DS-024-2016-EM

SEVERIDAD	CRITERIOS		
	Lesión personal	Daño a la propiedad	Daño al proceso
Catastrófico	Varias fatalidades. Varias personas con lesiones permanentes.	Pérdidas por un monto mayor a US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 mes o paralización definitiva.
Mortalidad (Pérdida mayor)	Una mortalidad. Estado vegetal.	Pérdidas por un monto entre US\$ 10,001 y US\$ 100,000	Paralización del proceso de más de 1 semana y menos de 1 mes
Pérdida permanente	Lesiones que incapacitan a la persona para su actividad normal de por vida. Enfermedades ocupacionales avanzadas.	Pérdida por un monto entre US\$ 5,001 y US\$ 10,000	Paralización del proceso de más de 1 día hasta 1 semana.
Pérdida temporal	Lesiones que incapacitan a la persona temporalmente. Lesiones por posición ergonómica	Pérdida por monto mayor o igual a US\$ 1,000 y menor a US\$ 5,000	Paralización de 1 día.
Pérdida menor	Lesión que no incapacita a la persona. Lesiones leves	Pérdida por monto menor a US\$ 1,000	Paralización menor de 1 día

Figura 24 Matriz básica de Evaluación de Riesgos (Severidad). Anexos DS-024-2016-EM

I	CRITERIOS	
	PROBABILIDAD	Frecuencia de exposición
Común (muy probable)	Sucede con demasiada frecuencia.	Muchas (6 o más) personas expuestas. Varias veces al día .
Ha sucedido (probable)	Sucede con frecuencia.	Moderado (3 a 5) personas expuestas varias veces al día.
Podría suceder (posible)	Sucede ocasionalmente.	Pocas (1 a 2) personas expuestas varias veces al día. Muchas personas expuestas ocasionalmente .
Raro que suceda (poco probable)	Rara vez ocurre. No es muy probable que ocurra.	Moderado (3 a 5) personas expuestas ocasionalmente .
Prácticamente imposible que suceda.	Muy rara vez ocurre. Imposible que ocurra.	Pocas (1 a 2) personas expuestas ocasionalmente.

Figura 25 Matriz básica de Evaluación de Riesgos (Severidad). Anexos DS-024-2016-EM

ANEXO Nº 8										Código:						
IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y MEDIDAS DE CONTROL- LÍNEA BASE										Versión:						
LOGO EMPRESA										Fecha:						
										Página 1 de 1						
Gerencia:			Equipo Evaluador:			Jerarquía de Controles - Orden de Prioridad										
Área:						1 Eliminación										
Fecha de elaboración:						2 Sustitución										
Fecha de actualización:						3 Controles de Ingeniería										
						4 Realización, Alertas y/o Control Administrativo										
						5 EPP adecuado										
Proceso	Actividad	Tarea	Peligros	Riesgos	Evaluación de Riesgos			Jerarquía de Control				Reevaluación			Acción de Mejora	Responsable
					Nivel Probabilidad (P)	Nivel Severidad (S)	Clasificación de Riesgo (P x S)	Eliminación	Sustitución	Controles de Ingeniería	Control Administrativo	EPP	P	S		

Figura 26 Matriz básica de Identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos. Anexos DS-024-2016-EM

Control de Riesgos

Según el (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016), define al control de riesgos como el proceso de toma de decisión, basado en la información obtenida de la evaluación de riesgos.

“Se orienta a reducir los riesgos, a través de propuestas de medidas correctivas, la exigencia de su cumplimiento y la evaluación periódica de su eficacia.” (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016)

Jerarquía de Controles

La (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018) establece lo siguiente:

La jerarquía de los controles según ISO 45001: 2018 pretende proporcionar un enfoque sistemático para aumentar la seguridad y salud

en el trabajo, eliminar los peligros, y reducir o controlar los riesgos para la SST.

Cada control se considera menos eficaz que el anterior a él. Es habitual combinar varios controles para lograr reducir los riesgos para la SST a un nivel que sea tan bajo como sea razonablemente viable.

Los siguientes ejemplos se proporcionan para ilustrar las medidas que se pueden implementar en cada nivel.

1. Eliminación:

- a) suprimir los peligros;
- b) detener la utilización de productos químicos peligrosos;
- c) aplicar enfoques ergonómicos al planificar nuevos lugares de trabajo;
- d) eliminar el trabajo monótono o el trabajo que causa estrés negativo;
- e) eliminar las carretillas elevadoras en un área. (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

2. Sustitución:

- a) reemplazar lo peligroso por lo menos peligroso;
- b) cambiar la respuesta a las quejas de los clientes por orientaciones en línea;
- c) combatir los riesgos para la SST en su fuente; adaptarse al progreso técnico (por ejemplo, reemplazar pintura en base solvente por pintura en base agua;
- d) cambiar los revestimientos de suelo resbaladizos;
- e) bajar los requisitos de voltaje para los equipos). (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

3. Controles de ingeniería, Los controles de ingeniería son medidas de corrección colectiva que permiten modificar el proceso que representa un riesgo para los colaboradores encargados de llevarlo a cabo mediante la aplicación de tecnologías y diversos avances tecnológicos. Existen diferentes tipos de controles de ingeniería:

- a) Cambiar la forma de hacer el trabajo (Automatización)
- b) Mantener los peligros lejos de los colaboradores
- c) Cambiar el diseño de equipos y herramientas (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

4. Controles administrativos incluyendo la formación:

- a) llevar a cabo inspecciones periódicas de los equipos de seguridad;
- b) llevar a cabo formación para prevenir el acoso (bullying) y la intimidación;
- c) gestionar la coordinación de la seguridad y salud con las actividades de los subcontratistas;
- d) llevar a cabo cursos de inducción, administrar los permisos para conducir equipos elevadores (forklift);
- e) proporcionar instrucciones sobre la manera de informar sobre incidentes, no conformidades y victimización sin miedo a represalias;
- f) cambiar los modelos de trabajo de los trabajadores (por ejemplo, turnos);
- g) gestionar programas de vigilancia de la salud o médica para los trabajadores que han sido identificados en situación de riesgo (por ejemplo, relacionados con la audición, la vibración mano-brazo, trastornos respiratorios, trastornos de la piel o situaciones de exposición);
- h) entregar instrucciones apropiadas a los trabajadores (por ejemplo, procesos de control de entrada). (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

5. Equipo de protección personal (EPPS): proporcionar el EPPS adecuado, incluyendo la vestimenta y las instrucciones para la utilización y el mantenimiento del EPPS (por ejemplo, calzado de seguridad; gafas de seguridad; protección auditiva; guantes). Ver Figura 27.



Figura 27 Jerarquía de los Controles. Prevención Laboral Rímac (ISO 45001)

Estudio de tiempo con Cronometro

Respecto a la toma de tiempo de trabajo requerido para la instalación de calibradores, se utilizará la Ingeniería de Métodos, específicamente el estudio de tiempos con cronometro, método que se usará para medir el tiempo actual y post aplicación de control de ingeniería. Según (Palacios Acero, 2009) Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones. Define al estudio de tiempos con cronometro como:

Consiste en determinar el tiempo para realizar un trabajo especificado por una persona calificada, trabajando a una marcha normal. Se utiliza para medir el trabajo, y su resultado es el tiempo en minutos que necesitará una persona adecuada para la tarea, e instruida sobre el método especificado para ejecutar dicha tarea si trabaja a una marcha normal. A esto se le llama tiempo normal para la operación.

Se trata de medir con cronómetro, el tiempo empleado en la operación que un trabajador ejecuta, durante un cierto número de repeticiones consecutivas ajustado por la calificación o ritmo de trabajo:

$$T_N = \frac{\text{Velocidad de trabajo observado} \times \text{tiempo observado}}{\text{Velocidad de trabajo normal.}}$$

Figura 28 Palacios Acero, L. C. (2009). Ingeniería de métodos: movimientos y tiempos

El procedimiento general del estudio de tiempos con cronómetro tiene los siguientes pasos preliminares:

- a) Ponerse en contacto con las personas involucradas en el estudio de tiempos (operarios, supervisores, directores, etc.).
- b) Verificar si el método, el equipo, la calidad y las condiciones corresponden a las especificaciones establecidas. Buscar y remediar las ineficiencias.
- c) Registrar toda la información concerniente a la operación, operador, producto, método, equipo, calidad y condiciones. Desglosar el ciclo de trabajo en sus distintos elementos.
- d) Recolectar los datos que se obtienen al medir los tiempos y al calificar al operador. Procesar los datos.
- e) Calcular el tiempo representativo, resultante de la medición.
- f) Aplicar el factor de calificación.
- g) Aplicar la tolerancia.
- h) Presentar los resultados. (Palacios Acero, 2009)

Factores en la realización del estudio de tiempos

1. **Seleccionar el operario.** Se selecciona de común acuerdo con el jefe o supervisor y debe ser un operario de tipo medio, porque tiende a trabajar normalmente en forma consistente y sistemática, lo cual facilita al analista de tiempos aplicar un factor de actuación correcto.

Por supuesto, el operario deberá estar bien entrenado en el método y tener gusto por su trabajo e interés en hacerlo bien. El analista debe ser muy cuidadoso y abordar al operario con mucho tacto para lograr su cooperación.

Debe animar al operario para que proporcione sugerencias y pregunte todo lo que desee acerca de la técnica para tomar los tiempos, métodos de evaluación y aplicación de tolerancias.

Igualmente debe mostrar interés en el trabajo del operario, ser justo y franco, de buena actitud, facilitador y respetuoso. (Palacios Acero, 2009)

2. **Analizar los distintos factores que intervienen en el proceso.** Es indispensable conocer todas las especificaciones de: Los materiales (tamaño, forma, peso, calidad, tratamientos previos, etc.)

- a) Herramientas de mano, galgas, plantillas, palancas, etc.
- b) Máquinas.

- c) Métodos.
- d) Medio ambiente.
- e) Seguridad.
- f) Ya que cualquier variación podría tener un efecto considerable en la duración del ciclo. (Palacios Acero, 2009)

3. **Puestos de trabajo.** Hay que analizar con un croquis, los puestos de trabajo, todos los detalles de ubicación de materiales y herramientas, entrada de materiales y salida de productos, movimientos del operario. En fin, se deben hacer todas las mejoras posibles, como aumentar la velocidad o el avance de las máquinas, aproximar los materiales, mejorar las herramientas, disminuir movimientos y esfuerzos del operario etc. (Palacios Acero, 2009)
4. **Observar las condiciones ambientales.** Temperatura, humedad, polución, ruido, operario de pie o sentado, estado y condiciones del piso. Estas observaciones son útiles porque repercuten en la aplicación de las tolerancias. (Palacios Acero, 2009)
5. **Dividir la operación en elementos uniformes, identificables y medibles.** Se hace para facilitar la medición. Debe poderse identificar el principio y el final de cada elemento. Los elementos deben ser tan cortos como sea posible medirlos. Deben separarse los tiempos de máquina y los del operario. Deben separarse los elementos constantes de los variables. (Palacios Acero, 2009)
6. **Tomar y registrar los tiempos.**
7. **Calcular el número de ciclos a cronometrar.** Puede decidirse mediante el buen criterio del analista o matemáticamente utilizando la ecuación siguiente:

$$N = \left[\frac{K/S \sqrt{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

N = Número de medidas representativas de la muestra.

K = Error estándar

S = Error aceptable

K/S = Factor de confianza

n = Número de muestras para producir el nivel de confianza deseado.

8. **Calificar la actividad del operario.** A cada lectura de tiempo debe corresponder un ritmo del operario. Este ritmo es lo que se llama Calificación.

La calificación hace variar el tiempo tomado, en vista de que los operarios pueden trabajar a ritmos diferentes.

Para determinar la calificación, el analista recurre a una escala graduada entre 0 y 100, donde 0 representa el reposo absoluto. 60 o 100 ES Calificación Normal Equivale a la calificación de un individuo normal, caminando sobre un piso plano, sin ningún obstáculo y sin carga, a una temperatura normal de 18 grados centígrados y a una rapidez de 1.25 metros por segundo o 4.5 kilómetros por hora.

Éste es el ritmo del trabajo de una persona normal, que ejecuta su tarea sin pérdida de tiempo, con el mínimo de movimientos y el máximo de seguridad.

El 98% de las personas pueden alcanzar este ritmo. 80, 120 ES Calificación óptima Es de interés particular porque el 50% de las personas tienden a trabajar a este ritmo, si son remunerados con incentivos. 100, 140 ES Calificación Excepcional que se da a las personas con ritmo extraordinario. Lo logran solamente el 2% de ellas. Hay tres elementos que hacen variar la calificación: - El método de operación. -La precisión. - El ritmo (ligereza o habilidad).

Si alguno de estos tres factores cambia, la calificación también cambia. Es decir, a un nivel elevado de estos tres factores, corresponde una calificación elevada. A una calificación elevada, el tiempo de ejecución

se reduce o sea que la calificación es inversamente proporcional al tiempo. (Palacios Acero, 2009)

9. **Recolectar la información.** una vez acordada la realización del estudio de tiempos se debe:

- a) Asegurar que el método, las condiciones de trabajo y las especificaciones de materiales son los adecuados.
- b) Verificar que los operarios hayan sido bien entrenados e informados.
- c) Hacer un esquema de la pieza y del lugar de trabajo
- d) Describir las herramientas y equipo que utilizará.
- e) Dividir la operación en elementos cortos, identificables y medibles.
- f) Apremiar la calificación varias veces.
- g) Tomar los tiempos.

Al calcular el tiempo representativo, los datos se deben someter a la prueba:

$$\text{Tiempo} * \text{Calificación} = \text{Constante}$$

Con esto aseguramos no haber cometido errores en los tiempos o en las calificaciones tiempo representativo Para determinar el tiempo representativo existen varios métodos:

MEDIA ARITMÉTICA. Es la más común y fácil de explicar a los operarios.

La media aritmética o promedio aritmético, es igual a la suma de las observaciones dividida por el número de ellas en una muestra particular.

La fórmula para calcular la media aritmética puede expresarse así, ver

Figura 1:

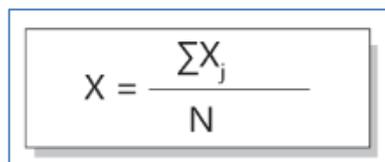

$$X = \frac{\sum X_j}{N}$$

Figura 1: Media Aritmética. Palacios Acero, L. C. (2009). Ingeniería de métodos

10. **Calcular el tiempo normal.** Consiste en obtener para cada elemento el tiempo normal mediante la siguiente fórmula:

$$T N = \frac{\text{tiempo observado} \times \text{calificación observada}}{60}$$

11. **Calcular el tiempo estándar.** El tiempo estándar de una operación es igual al tiempo normal más el tiempo de recuperación o suplementos.
Tiempo Estándar = Tiempo Normal + Tiempo de Recuperación.

$$TS = TN + \text{Suplementos}$$

$$TS = TN \times \text{Coeficiente De Recuperación}$$

2.4 Definición de términos básicos

Actuadores Neumáticos: Convierten la energía del Aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento de Lineal Mediante servomotores de diafragma, pistones o cilindros o bien un movimiento giratorio con motores neumáticos. (Creus Solé, Neumatica e Hidraulica, 2007)

Actividad Minera: Es el ejercicio de las actividades contempladas en el literal a) del artículo 2 del presente reglamento, en concordancia con la normatividad vigente. (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016)

Cumplimiento del espesor indicado: El cumplimiento del espesor es uno de los puntos más importantes, luego viene la prueba de rebote. Para medir el espesor del shotcrete puesto en las labores se puede utilizar muchos aditamentos, los cuales son fáciles de hacer, aquí se especifican algunos:

- a) Calibradores de fierro de construcción.
- b) Medidor de espesor con calibrador fijo
- c) Broca de perforación diamantina
- d) Malla electrosoldada de 3pulg. (UNICON, 2013)

Diseño en Ingeniería: Diseño en ingeniería es el proceso de concepción de un sistema para satisfacer unas necesidades. Es este un proceso de toma de decisiones, a menudo iterativo, en la cual las ciencias básicas, las matemáticas y los conocimientos de ingeniería son aplicados para transformar óptimamente los recursos y satisfacer los objetivos. (García Melo, 2004)

Evaluación de riesgos: Es un proceso posterior a la identificación de los peligros, que permite valorar el nivel, grado y gravedad de aquéllos, proporcionando la información necesaria para que el titular de actividad minera, empresas contratistas, trabajadores y visitantes estén en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la oportunidad, prioridad y tipo de acciones preventivas que deben adoptar, con la finalidad de eliminar la contingencia o la proximidad de un daño (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

Espacio confinado: Es aquel lugar de área reducida o espacio con abertura limitada de entrada y salida constituido por maquinaria, tanque, tolvas o labores subterráneas; en el cual existe condiciones de alto riesgo, como falta de oxígeno, presencia de gases tóxicos u otros similares que requieran Permiso Escrito de Trabajo de Alto Riesgo (PETAR). (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016)

Incidente: suceso que surge del trabajo o en el transcurso del trabajo que podría tener o tiene como resultado lesiones y deterioro de la salud. (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Medidas de Control (IPERC): Proceso sistemático utilizado para identificar los peligros, evaluar los riesgos y sus impactos y para implementar los controles adecuados, con el propósito de reducir los riesgos a niveles establecidos según las normas legales vigentes. (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016)

Peligro: fuente con un potencial para causar lesiones y deterioro de la salud. (ISO 45001 Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo, 2018)

Personal Expuesto: Número de personas que están en contacto con peligros. (Ventura Silva, 2012)

Riesgo Residual: Es el riesgo remanente que existe después de que se haya tomado las medidas de seguridad. (024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016)

Robot SPM4210: La serie SPM4210 WETKRET abre un nuevo capítulo en las tecnologías de eficiencia para el shotcrete en minería. Su brazo proyector de diseño y fabricación propia Putzmeister proporciona un alcance de 10m. El control remoto proporcional, de uso dual cable e inalámbrico, permite un fácil manejo de los movimientos del brazo, además de la regulación del caudal de hormigón y el ajuste de la dosificación de aditivos. Con ejes de última generación, el chasis heavy-duty es idóneo para las más duras condiciones de trabajo. (Putzmeister, 2015).

Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo: Conjunto de elementos interrelacionados o interactivos que tienen por objeto establecer una política, objetivos de seguridad y salud en el trabajo, mecanismos y acciones necesarios para alcanzar dichos objetivos, estando íntimamente relacionado con el concepto de responsabilidad social empresarial, en el orden de crear conciencia sobre el ofrecimiento de buenas condiciones laborales a los trabajadores mejorando, de este modo, su calidad de vida, y promoviendo la competitividad de los empleadores en el mercado. (Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo 29783, 2013)

Sostenimiento subterráneo: Actualmente se define el concepto de sostenimiento como un conjunto de soportes que ayudan en la fortificación de las labores abiertas durante la explotación minera mejorando las condiciones de estabilidad del macizo rocoso. También se puede denominar soporte de rocas a los procedimientos y materiales utilizados para mejorar la estabilidad y mantener la capacidad de resistir las cargas que producen las rocas cerca al perímetro de la excavación subterránea. (Camarena Cosme, 2016)

Soporte de rocas: Es un conjunto de elementos materiales y procedimientos que se instalan durante la construcción de labores subterráneas para compensar los desequilibrios del macizo rocoso causados por las excavaciones. Se puede clasificar a los diversos sistemas en dos grandes grupos:

Los de apoyo activo; Que viene a ser el refuerzo de la roca donde los elementos de sostenimiento son una parte integral de la masa rocosa. - Perno helicoidal. - Pernos hydrabolt.

Los de apoyo pasivo; Donde los elementos de sostenimiento son externos a la roca y dependen del movimiento interno de la roca que está en contacto con el perímetro excavado. - Shotcrete. - Arcos de acero (cimbras). - Cuadros de madera. (Camarena Cosme, 2016)

Shotcrete: Consiste en un mortero colocado por proyección neumática a una alta velocidad desde una boquilla.

Tipos de shotcrete: Convencional Refractario Especial Reforzado con fibra

Materiales:

- a) Cemento: Se suele utilizar una relación agua/cemento entre 0.4 y 0.5.
- b) Agregados: Deben cumplir con las gradaciones aprobadas por el ACI, con un tamaño máximo de 10 mm.
- c) Aditivos: Se suele utilizar diversos aditivos, entre ellos, acelerantes y plastificantes.
- d) Fibra: Se usan para aumentar las propiedades mecánicas de la mezcla como la resistencia a la compresión y tracción. (Pye Chair & Morgan, 2015)

Variable: Son características, propiedades, cualidades, atributos, susceptibles de adoptar distintos valores. (Rojas & Mertens, 2000).

2.5 Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis

Los mapas conceptuales son instrumentos de representación del conocimiento sencillo y práctico, que permiten transmitir con claridad mensajes conceptuales complejos y facilitar tanto el aprendizaje como la enseñanza. Para mayor abundamiento, adoptan la forma de grafos. Los mapas conceptuales son artefactos para la organización y representación del conocimiento.

Tienen su origen en las teorías sobre la psicología del aprendizaje de David Ausubel enunciadas en los años 60. Su objetivo es representar relaciones entre conceptos en forma de proposiciones. Los conceptos están incluidos en cajas o círculos, mientras que las relaciones entre ellos se explicitan mediante líneas que unen sus cajas respectivas. Las líneas, a su vez, tienen palabras asociadas que describen cuál es la naturaleza de la relación que liga los conceptos. (Dürsteler, 2011)

A continuación, se muestra los fundamentos teóricos empleados para solucionar los problemas específicos, ver Figura 29.



Figura 29 Mapa conceptual. Elaboración Propia

2.6 Hipótesis

2.6.1 Hipótesis general

La implementación de Controles de Ingeniería reducirá el riesgo laboral en la actividad de instalación de calibradores.

2.6.1 Hipótesis específicas

1. Si se implementa el diseño Mecánico al instalador de calibradores, entonces se reducirá el nivel de riesgo en la instalación de calibradores
2. Si se implementa un acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores se reducirá el tiempo de exposición al riesgo en la instalación de calibradores.
3. Si se implementa un sistema electro neumático entonces se reducirá los accidentes en la instalación de calibradores.

2.7 Variables

Independiente

Controles de Ingeniería

Diseño Mecánico al instalador de calibradores

Acoplamiento mecánico al instalador de calibradores

Sistema Electro neumático al instalador de calibradores

Dependiente

Riesgo Laboral

Nivel de Riesgo

Tiempo de exposición al riesgo

Accidentabilidad

Indicadores

Valor de riesgo actual vs Valor de riesgo Propuesto

Tiempo de exposición actual vs Tiempo de exposición propuesto

Nº de accidentes

Matriz de Operacionalización

Las variables independientes como las variables dependientes y sus indicadores, presentadas anteriormente permitieron trasladar el marco metodológico en un plan de acción, donde se pudo determinar en detalle el método a través del cual cada una de las variables serán medidas y analizadas.

En el Anexo 02 se muestra la matriz de operacionalización utilizada para el estudio de la investigación.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Enfoque, Tipo, nivel y diseño de la investigación

Enfoque

Enfoque de la investigación: Investigación científica/Cuantitativo/Inferencial

La investigación cuantitativa “Se fundamenta en medir características de fenómenos sociales, lo cual supone derivar de un marco conceptual pertinente al problema analizado, una serie de postulados que expresen relaciones entre las variables estudiadas. Este método tiende a generalizar y normalizar resultados”

(Bernal , 2010)

La presente investigación es de enfoque cuantitativo porque recolecta datos y se interrelaciona con las variables dentro de un marco conceptual. A través de este marco conceptual son desarrolladas hipótesis las cuales son contrastadas estadísticamente, desembocando en conclusiones que son emitidas y/o contrastadas.

La investigación científica “se sabe que para conocer las cosas a fondo se necesita utilizar la razón, observar con más detenimiento, ubicar concretamente el objeto a investigar, y esto requiere un gran tiempo de dedicación, un trabajo constante, ordenado, metódico; lectura de documentos de especialistas en el tema, discusiones con otros investigadores, análisis, reflexión, toma de decisiones.” (Guerrero Davila, 2015)

La presente investigación es de enfoque científico ya que utiliza conocimientos de un marco teórico, las cuales son investigadas a fondo para lograr sacar conclusiones una vez implementada. Además, la presente investigación hace uso de documentos de especialistas de los temas a aplicar.

Tipo de la investigación:

La investigación aplicada “por su parte concentra su atención en las posibilidades concretas de llevar a la práctica las teorías generales y destina sus esfuerzos a resolver las necesidades que se plantea la sociedad y los hombres” (Paz, 2017)

La presente investigación puede ser definida de tipo aplicada ya que las teorías científicas que se plantean respecto al control de ingeniería (Diseño Mecánico,

Sistemas de acoplamiento y Electro neumática), están aterrizadas en componentes aplicables. Dichas teorías, tiene la finalidad de comparar lo teórico con lo práctico.

Nivel de la investigación:

“Los estudios explicativos van más allá de la descripción del concepto o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir están dirigidos a responder por las causas de los eventos o fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar porque ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o porque se relaciona dos o más variables” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

La presente investigación es explicativa porque se detallan las causas de los riesgos laborales identificados en la actividad de instalación de calibradores, para el control de espesor de shotcrete. En la presente investigación se detalla las condiciones y contexto que se realizan las actividades.

Diseño de la investigación:

“Los diseños cuasi experimentales cuando el experimentador no puede asignar los sujetos al azar, por ser sujetos ya formados con anterioridad, y cuando tiene un poder limitado sobre la manipulación de las variables independientes” (Beltran, 1995)

La presente investigación se define de diseño cuasi experimental debido a que se manipula de manera limitada la teoría de control de ingeniería y se observa los efectos en los riesgos laborales identificados en la actividad de instalación de calibradores de shotcrete.

Se requiere tener en cuenta el esquema cuasi experimental por series temporales, cuya estructura es la siguiente:

$$O_1 O_2 O_3 \dots X O_4 O_5 O_6 \dots$$

Donde: O: Observación (valores calculados de la variable dependiente - indicadora)

X: Aplicación de la Variable independiente

3.2 Población y muestra

Definiciones

Población: “La población un conjunto de individuos o cosas al que se refiere nuestra pregunta de estudio o respecto al cual se pretende concluir algo.” (Suarez Gil, 2011)

Muestra: “Cualquier subconjunto de una población de la cual se recopilan los datos.”
(Suarez Gil, 2011)

Tipo de muestreo

Probabilístico: “Es requisito que todos y c/u de los elementos de la población tengan la misma probabilidad de ser seleccionados (azar)” (Espinoza Salvadó, 2016)

Aleatorio Simple: “Cada sujeto tiene una probabilidad igual de ser seleccionado para el estudio.” (Espinoza Salvadó, 2016)

Muestra Interpretativa: “La muestra se adapta al tipo y cantidad de información requerida en una diferencial de tiempo. Estas muestras son pequeñas, necesariamente representan el número total de la población, razón por el cual no necesita ninguna fórmula para hallar la muestra”

A continuación, se delimitan la población, muestra pre y post por cada variable dependiente con su respectivo indicador.

Variable dependiente 01 – Nivel de Riesgo (Severidad-Probabilidad) –

Población: La población del presente estudio son los operadores de Robot Aplicador.

Muestra pre: La muestra se tomará los 9 Operarios, Se usará el Registro IperC Continuo de los 9 operarios, que son el total de trabajadores que realizan la instalación en el proyecto donde se realiza la investigación. Son 3 Operadores de Robot, 3 Ayudantes, y 3 relevos en días libres.

Periodo pre: Mayo 2022

Muestra post: La muestra se tomará los 9 Operarios, muestra Censal igual a la población. Se usará el Registro IperC Continuo de los 9 operarios, que son el total de trabajadores que realizan el trabajo en el proyecto donde se realiza la investigación.

Periodo post: Septiembre 2022

Variable dependiente 02 – Tiempo de exposición (Tiempo de exposición a superficies inestables)

Población: Tiempos de exposición de los operadores

Muestra pre: Se tomará como muestra 8 tomas de tiempos en 8 labores.

Se elegirá un turno de trabajo donde se realizará el sostenimiento con concreto proyectado usando 38 m³, el turno tendrá un total de 8 labores. Las labores son los

puntos donde se realizará sostenimiento con concreto proyectado, en cada labor se tomará 1 tiempo de instalación de los calibradores.

Periodo pre: Abril 2022

Muestra post: Se tomará como muestra 8 tomas de tiempos de 8 labores.

Se elegirá un turno de trabajo donde se realizará el sostenimiento con concreto proyectado usando 38 m³, el turno tendrá un total de 8 labores. Las labores son los puntos donde se realizará sostenimiento con concreto proyectado, en cada labor se tomará 1 tiempo de instalación de los calibradores.

Periodo post: Julio 2022

Variable dependiente 03 – Accidentes (N° de Accidentes)

Población: Se considera los Accidentes registrados por desprendimiento en la instalación de calibradores.

Muestra pre: Se tomará el número de accidentes e incidentes en los 5 meses antes de la implementación.

Los reportes de accidentes se registran mensualmente, por lo que se tomara los registros del presente año, ya que el proyecto donde se realiza la investigación empezó el presente año. Los primeros meses del año se realiza la instalación de calibradores de manera manual.

Periodo pre: Enero- Mayo 2022

Muestra post: Se tomará el número de accidentes e incidentes en los 4 meses de aplicación de los controles de ingeniería.

Los reportes de accidentes se registran mensualmente, por lo que se tomara los registros del presente año, ya que el proyecto donde se realiza la investigación empezó el presente año. Los meses reportados después de realizar la implementación fueron 4 meses por lo cual se tomará los registros de los meses posteriores.

Periodo post: Junio- Septiembre 2022

En la Tabla 01 se puede observar un cuadro con lo anteriormente descrito de la población y muestra

Tabla 01:

Población y Muestra PRE y POST por cada una de las variables

Variable Dependiente	Indicador	Población	Muestra Pre	Muestra Post
Nivel de Riesgo	Severidad - Probabilidad	IperC Continuo de los 9 operarios.	Se tomará como muestra los IperC continuos de los 9 operarios	Se tomará como muestra los IperC continuos de los 9 operarios
Tiempo de exposición al riesgo	Tiempo de exposición antes vs Tiempo exposición después	Se considera todos los tiempos de exposición	Se tomará como muestra 8 tomas de tiempos de 8 labores realizados e un turno de trabajo.	Se tomará como muestra 8 tomas de tiempos de 8 labores labores realizados e un turno de trabajo.
Accidentes	N° de Accidentes	Se considera todos los Accidentes registrados mientras se realizaba la instalación de calibradores.	Se tomará el número de accidentes en la instalación de calibradores en los últimos 5 meses	Se tomará el número de accidentes instalación de calibradores en los 4 después de la implementación.

Fuente: Elaboración propia

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Definiciones:

Técnica: “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener información” (Arias F. , 2016)

Instrumento: “Un instrumento de medición adecuado es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

Análisis documental: “Luego de la recopilación de la información, era necesario iniciar un procedimiento analítico- sintético de los datos contenidos en un documento y el resultado de esta operación” (Mijailov & Guilairavski, 1974)

Recopilación documental: (Moreno & Ruiz, 2016) indican que: Es una herramienta que se utiliza para recopilar datos e información en relación a un tema en particular, este tipo de investigación puede ser una pérdida de energía si los recursos de investigación no se administran adecuadamente o si los temas que se estudian no están claramente definidos. (pág. 22)

Validez: “La validez del contenido se refiere al grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

Confiabilidad: “Hay diversos procedimientos para calcular la confiabilidad de un instrumento de medición. Todos utilizan procedimientos y fórmulas que producen coeficientes de fiabilidad.

La mayoría oscila entre cero y uno, donde un coeficiente cero significa nla confiabilidad y uno representa máximo de confiabilidad” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

3.3.1 Técnicas e instrumentos

A continuación se detalla las técnicas e instrumentos que se usaran en la presente investigación.

Primera Variable específica: Nivel de Riesgo

Técnica: Análisis Documental

Instrumento: Registros de IPERC continuo. Formato registrado por los operarios previo a realizar la instalación de calibradores.

Segunda Variable específica: Tiempo de exposición

Técnica: Observación Directa

Instrumento: Para la medición de tiempos, se utilizará un formato de registro de tiempos.

Tercera Variable específica: Accidentes

Técnica: Análisis Documental

Instrumento: Registro de accidentes e incidentes durante la instalación de calibradores, este registro es documentado por la empresa mensualmente.

En la Tabla 02 se muestran las técnicas a emplear en el presente estudio; así como, los instrumentos a utilizar para cada una de ellas.

Tabla 02:
Técnicas e instrumentos

Variable Dependiente	Indicador	Técnica	Instrumento
Nivel de Riesgo	Valor de riesgo promedio	Análisis Documental	Registro de IPERC Continuo
Tiempo de exposición	Tiempo de exposición por cada calibrador	Observación Directa	Formato para registro de tiempos
Accidentes	N° de accidentes	Análisis Documental	Registro de Accidentes

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Criterios de validez y confiabilidad

A continuación, se presenta los criterios de validez y confiabilidad que se emplearon para cada una de las Variables Dependientes planteadas en esta investigación.

Para las tres (03) variables del presente estudio:

Primera Variable específica: Nivel de Riesgo

Segunda Variable específica: Tiempo de exposición

Tercera Variable específica: Accidentes

Criterio de validez y Confiabilidad del instrumento: La validez y la confiabilidad se validan mediante la declaración de autenticidad de la empresa y Autorización de consentimiento para realizar la investigación.

Validez: En el registro de tiempo de exposición puede observar el formato completado por una persona encargada de realizar la toma del tiempo.

3.3.3 Procedimientos para la recolección de datos

Las muestras tomadas se captarán principalmente desde los registros que tiene la empresa. Los registros son información que la empresa nos hará llegar, el contenido principal que se requiera para la recolección de datos son: Registros de IPERC Continuo, Registro de IPERC base y registros de accidentes e incidente.

Se identificará la actividad y los registros de los riesgos identificados por el personal de la empresa en la realización de sus labores. Tal registro será recolectado y

verificado por el encargado de Seguridad en la Unidad Minera. Los registros nos darán la información del nivel de riesgo determinado antes y después de la implementación.

De la misma forma la obtención de datos respecto a los tiempos se realizará observación directa, utilizando un formato para registro de toma de tiempos, se programó una visita a las operaciones. Además, se utilizará un cronometro centesimal de precisión C (1/100) de minutos marca Casio.

Por último, se recolectará los datos del formato de registro de accidentes e incidentes, estos formatos son de uso de la empresa y se declaran ante las entidades del estado.

El fin de estos registros es conocer el valor de los indicadores por cada variable. Estos registros serán contrastados antes de la implementación y después de la implementación

De acuerdo con lo descrito anteriormente, la recolección de datos se obtendrá mediante las técnicas de observación directa y análisis documental, teniendo como instrumentos los formatos y registros proporcionados por la empresa.

3.4 Descripción de procedimientos de análisis

Después de la recolección de datos realizado y cuando se tiene definido las variables e indicadores de la investigación, se pasará a realizar el análisis de los datos obtenido en los formatos y registros, de la actividad de instalación de calibradores en minería subterránea.

Estos datos que fueron obtenidos después de la aplicación estarán a disposición para ser analizados y poder usar la información necesaria para sacar conclusiones de nuestra investigación. El análisis se realizará de acuerdo a la matriz de análisis de datos planteada continuación. Ver Tabla 03

El análisis inferencial para las variables dependientes Nivel de riesgo y Accidentes, se utilizará la prueba no paramétrica de Wilcoxon y U-Mann Whitney respectivamente. Para nuestra variables Tiempo de exposición se realizará el análisis inferencial usando la prueba paramétrica de T de Student de muestras emparejadas. En la escala de medición se realizará el análisis con la escala de Razón para las tres variables.

La estadística descriptiva para las tres variables será medida desde la tendencia central.

Tabla 03:
Matriz de Análisis de datos

Variable Dependiente	Indicador	Escala de medición	Estadísticos descriptivos	Análisis inferencial
Nivel de Riesgo	Valor de riesgo promedio	Escala de Razón	Tendencia central	Prueba no paramétrica de Wilcoxon
Tiempo de exposición	Tiempo de exposición por cada calibrador	Escala de Razón	Tendencia central	Prueba paramétrica T de Student de muestras emparejadas
Accidentes	N° de accidentes	Escala de Razón	Tendencia central	Prueba no paramétrica de U-Mann Whitney

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados

Generalidades

La empresa INPECON SAC que presta servicios de sostenimiento con shotcrete de manera especializada a minería subterránea y proyectos de tunelería.

INPECON SAC ha prestado los servicios los últimos años realizando la aplicación de este método de estabilización de superficies inestables en tunelerías, el cual ha sido el más utilizado en los últimos años debido que las características del sostenimiento con shotcrete vía húmeda han llegado a responder a los requerimientos mecánicos para asegurar espacios subterráneos y túneles.

El objetivo principal del sostenimiento con shotcrete es crear espacios seguros para el tránsito de las personas en los socavones, así mismo la aplicación del shotcrete en las operaciones mineras subterráneas es fundamental para el avance en la perforación y extracción del material, ya que se realiza el sostenimiento en labores de avance.

El sostenimiento con shotcrete se realiza en 4 actividades principales para lograr realizar el servicio, los cuales están detallados en la Figura 30.

La aplicación de shotcrete usando el equipo aplicador aleja al operador de superficies inestables (Ver Figura 31), ya que es el equipo que está expuesto, mas no el operador. Tres de las actividades son realizadas usando equipos y maquinarias, lo cual hace que sean manejadas y no expone al personal a superficies inestables.

Sin embargo, se ha identificado la única actividad que se realiza de manera manual y usando una herramienta es la instalación de calibradores.

SOSTENIMIENTO CON SHOTCRETE				
DESCRIPCION: El sostenimiento con shotcrete es el metodo mas usado para realizar la estabilizacion en tuneles o superficies inestables, usando mezcla de concreto aplicado con presion de aire.				
ACTIVIDADES	DESCRIPCION DE ACTIVIDADES	EQUIPO/HERRAMIENTA	TIPO	IMAGEN
Preparacion de la mezcla del concreto 	Se realiza la actividad usando equipos de transporte de los insumos como los cilos para cemento, las fajas transportadoras para la arena y los aditivos. Todos los insumos son previamente pesados y dosificados según el requerimiento del diseño de mezcla. Todo llega a un mezclador que integra todos los productos, así generando una mezcla homogénea que será trasegada a los transportadores de concreto Mixkret.	Equipo	Planta Dosificadora de Concreto - DOMAT	
Transporte de concreto 	Se recepciona la mezcla producida en la planta en un camion transportadore de perfil bajo MIXKRET 5 para ser llevado a la labor de sostenimiento. Para realizar el trnsporte se utiliza equipos de perfil bajo que mantiene la mezcla homogénea hasta llegar al punto de sostenimiento.	Equipo	Transportador de concreto- Mixkret 5	
Aplicación de concreto Lanzado (Shotcrete) 	El transportador de la mezcla realiza el trasegado de la mezcla al equipo lanzador de shotcrete para la aplicación a la superficie inestable. La mezcla proyectada con presión de aire y otros aditivos se adhiere a la superficie creando un soporte mecánico.	Equipo	Robot lanzador de shotcrete - Putzmeister SPM4210	
Instalacion de Calibradores - Control de espesor del shotcrete	Una vez realizado la aplicación del shotcrete en el superficie, se requiere realizar un control de espesor como medida de seguridad, según los requerimientos y previa evaluación por el area de Geomecanica. El espesor que es mas aplicado es de 2" y de 3". Para tal fin se inserta un dispositivo de las medidas requeridad que verifica el cumplimiento del espesor.	Herramienta	- Baston Instalador - Calibrador 2" o 3"	

Figura 30 Proceso de Sostenimiento con shotcrete

Dentro de las actividades principales la empresa ha identificado como actividad de mayor riesgo para el personal operario, la actividad de instalación de calibradores (Ver Figura 32).

La instalación de calibradores tiene como fin comprobar el cumplimiento de espesor aplicado de shotcrete en la superficie. Por lo cual es una actividad que es exigencia del cliente realizarlo, así como la comprobación de calidad del espesor logrado. El nivel alto de riesgo, se debe a la exposición a la Línea de fuego.



Figura 31 Sostenimiento con shotcrete usando equipo aplicador ROBOT SPM4210 PUTZMEISTER- Unidad Minera BATEAS

Actividad	Exposicion a Línea de Fuego	Tipo de exposicion	Nivel de Riesgo
Preparacion de la mezcla del concreto	NO	-	Medio
Transporte de concreto	NO	-	Medio
Aplicación de concreto Lanzado (Shotcrete)	SI	Atrapado por	Medio
Instalacion de Calibradores - Control de espesor del shotcrete	SI	Atrapado por	Alto

Figura 32 Actividades de Sostenimiento con Shotcrete según exposición a línea de fuego.

Una definición simple de "línea de fuego" es estar en peligro. Las lesiones de la línea de fuego ocurren cuando la trayectoria de un objeto en movimiento o la liberación de sustancias peligrosas se cruzan con el cuerpo de un individuo.

Hay muchos ejemplos específicos de peligros para cada una de estas categorías. Algunos ejemplos para cada categoría, según (BROSS, 2022):

Atrapado o entre- Un trabajador de la construcción está parado entre una pared y un elevador de tijera. Cuando el ascensor se mueve, la máquina prensa al trabajador contra la pared.

Otro ejemplo sería un trabajador que coloca su mano demasiado cerca de un engranaje giratorio y lo mete en el engranaje.

Golpeado por: un peatón golpeado por un vehículo en movimiento o un objeto que cae desde un nivel superior golpeando a un trabajador que estaba debajo del objeto que cayó son ejemplos de incidentes golpeados por.

Energía liberada - Un objeto o herramienta bajo presión que está siendo removido o un proyectil disparando fuera de un equipo defectuoso son ejemplos de energía liberada.

La instalación de calibradores esta descrita según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Las tareas que se realizar en la instalación de calibradores se dan exponiendo en todo momento al trabajador a la línea de fuego un promedio de 20 a 30 minutos por labor.

La instalación de cada calibrador se da cada m² como parámetro del cliente. El nivel de riesgo según el tiempo de exposición y la gravedad de las consecuencias que pueden ocasionar, específicamente los deslizamientos de rocas inestables.

El calibrador es el elemento que mide 2” o 3” (Ver Figura 33**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), este elemento es insertado al bastón instalador para luego ser introducido en la pared de shotcrete lanzado.



Figura 33 Bastón Instalador y Calibrador

A continuación, se diagrama la instalación de los calibradores después de haber realizado el sostenimiento con shotcrete. Ver Figura 34

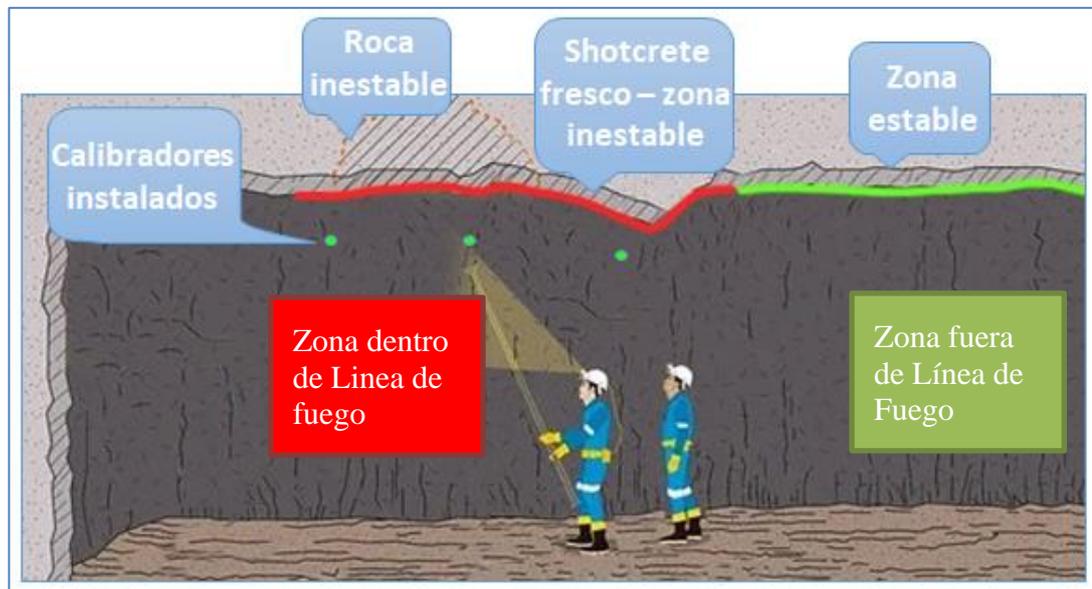


Figura 34 Instalación de calibradores con Bastón Instalador.

El operador realiza la instalación del calibrador en la zona sostenida con shotcrete. Figura 34 y Figura 35; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**

De esta manera se ha identificado como el problema principal el nivel de riesgo laboral en la instalación de calibradores, para lo cual se utilizó el diagrama de Ishikawa para la identificación de las causas principales. Ver Figura 36

Como se pudo observar en el diagrama de Ishikawa, los problemas específicos que generan un nivel de riesgo alto en la instalación de calibradores se dan por:



Figura 35 Instalación de Calibradores – Unidad Minera Bateas

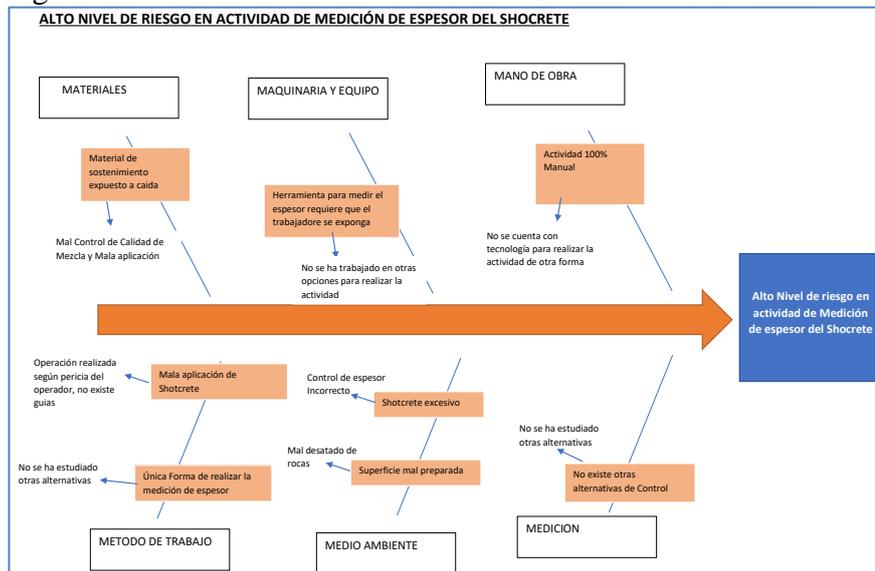


Figura 36 Causas del Nivel de riesgo Alto en la actividad de instalación de Calibradores.

1. El diseño y funcionamiento de la herramienta usada (Bastón Instalador).
Herramienta 100% manual.
2. Respecto a la mano de obra, el operador necesita que se exponga a la línea de fuego para poder realizar la tarea.
3. El método de trabajo no puede ser variado ya que es dependiente a la herramienta usada.
4. El calibrador cumple el objetivo principal de controlar el espesor requerido del shotcrete, por lo cual está diseñado para ser utilizado con la herramienta manual.

Primer Objetivo: Implementar el diseño mecánico del instalador de calibradores, para reducir el nivel de riesgo en la instalación de calibradores.

Situación PRE TEST – Antes

La situación antes de realizar la implementación en la empresa se daba desde el método de trabajo usado hace 15 años, para lo cual se utilizó la herramienta manual “Bastón aplicador”.

Tal herramienta ha expuesto a los trabajadores a la línea de fuego, por exposición directa a superficies inestables.

Lo cual ha generado ser valorado según la matriz IPERC Línea Base como una actividad de alto nivel de riesgo. Ver Figura 37

Tarea	Puesto de Trabajo	Tipo de Contacto Peligro / Aspectos	Descripción del Peligro/Aspecto	Consecuencia/ Impacto	Jerarquía de Controles Actuales					Nivel de Riesgo PaS
					Eliminación	Sustitución	Ingeniería	Administrativo	EPP (adicional a casco, calzado, lentes)	
Colocado de calibradores	Operador de robot/lasador, Ayudante de robot, Operador de mixer	CON OBJETOS PUNZANTES O CORTANTES Herramientas	Contacto con puntos punzantes de calibradores durante la calibración de labores	Cortes escotaciones						18
		GOLPEADO POR Fragmentos de rocas	Exposición a desprendimiento de rocas sueltas.	Golpes, Fracturas, Muerte por aplastamiento de rocas sueltas				PET-ORCO-MI-18.38 desalado de rocas en labores horizontales, capacitaciones, formato de inspección, cuaderno de operación segura.	EPP: Casco con barbiquejo, Respirador con filtros y cartuchos, Botas con punta de acero, Diverol con ongas reflectivas, Guantes, Lentes de seguridad y Tapones de oído.	8

Figura 37 Iperc Línea Base Inpecon Sac

La empresa registra accidentes por desprendimiento de shotcrete, con consecuencias a la salud del trabajador.

Además, se registra en el año 2019 un accidente por desprendimiento de rocas y de toda la superficie revestida de shotcrete, que según el informe del accidente genero daños a los equipos de trabajo. Ver Figura 38

El desprendimiento de rocas es recurrente en superficies con shotcrete fresco o en superficies donde no se ha realizado el sostenimiento, Este evento genero la pérdida de parte de un equipo colocador de shotcrete, valorizada en USD 50,0000 dólares americanos.



Figura 38 Desprendimiento de roca sobre Brazo Telescópico de Robot Lanzador. Año 2019.

Además, el 2022 se registró un accidente peligroso con tiempo perdido por desprendimiento de shotcrete parcial. Este accidente generó daños leves en la salud de operador. Ver Figura 39



Figura 39 Evento por desprendimiento de shotcrete fresco. CAM 474W Nv. 18. U.M Bateas

Debido a los eventos suscitados en superficies no sostenidas el nivel de riesgo en la actividad de colocación de calibradores es alto, por lo cual dentro de los controles implementados hasta la fecha se han usado los controles administrativos con un PET para una correcta utilización de la herramienta y la utilización de EPP'S para reducir las consecuencias de los accidentes. Sin embargo, el nivel de riesgo sigue siendo alto.

Muestra PRE – TEST Antes

Como se observa en la Tabla 04, se cuenta con 9 personas que realizan el trabajo de instalación de calibradores, que abarcan los operadores de Robot lanzador (5) y los ayudantes (4).

Tabla 04:
Muestra Pre Test del primer objetivo específico

N°	Valor de Riesgo Registrado en el IPERC CONTINUO	Nivel de Riesgo
Trabajador 1	2	Alto
Trabajador 2	4	Alto
Trabajador 3	4	Alto
Trabajador 4	4	Alto
Trabajador 5	4	Alto
Trabajador 6	2	Alto
Trabajador 7	4	Alto
Trabajador 8	4	Alto
Trabajador 9	2	Alto

Fuente propia

Los cuales completaron los IPERC continuo antes de desarrollar sus labores, para lo cual se observó lo siguiente:

La valoración del nivel de riesgo de la actividad de instalación de calibradores está marcada en el nivel de riesgo alto.

Como se observa en la data registrada por los operarios entre los meses previos a la implementación los valores reflejan que la frecuencia de ocurrencia de un accidente es alta además la severidad es catastrófica ya que hay más de una persona expuesta y los daños que podría generar son significativos, tanto en la vida de la persona como en los equipos y maquinaria.

Aplicación de la Variable Independiente

Dentro de los controles implementados se tienen solo controles administrativos y EPPS sin embargo estos vienen a ser insuficientes para reducir el nivel de riesgo a moderado o menor.

Además, no se puede eliminar el riesgo por lo cual se opta por la implementación de controles de Ingeniería como opción.

El primer control de ingeniería a implementar, será del tipo: Cambiar el diseño y/o tipo de herramienta.

El objetivo principal de este tipo de controles es evitar los accidentes que podrían generar por el diseño actual de la herramienta que se utiliza para realizar el trabajo.

Para realizar los cambios en el diseño de la herramienta usaremos el diseño mecánico del instalador de calibradores como control de ingeniería.

La aplicación del diseño mecánico para la nueva herramienta y/o equipo que se instalara para lo cual se implementó el proceso para trabajar en el nuevo diseño mecánico:

- a) Levantamiento de necesidades y características actuales de la actividad.
- b) Se recabo información de las condiciones a la que está expuesto la operación.
- c) Referencias de funcionamiento mecánico en otros equipos.
- d) Se plantea un bosquejo a mano alzada.
- e) Se revisa y pide un feedback por los usuarios para mejorar ciertas características del diseño mecánico.
- f) Se plantea el diseño mecánico en función a las medidas, espesores, tolerancias y método de fabricación.
- g) Se realiza el diseño a través de los softwares CAD para realizar diseños (en nuestro caso se usó SolidWorks 2019)

Tal como se observa en la Figura 40 , se definió un diseño mecánico nuevo para la herramienta de instalación de calibradores.

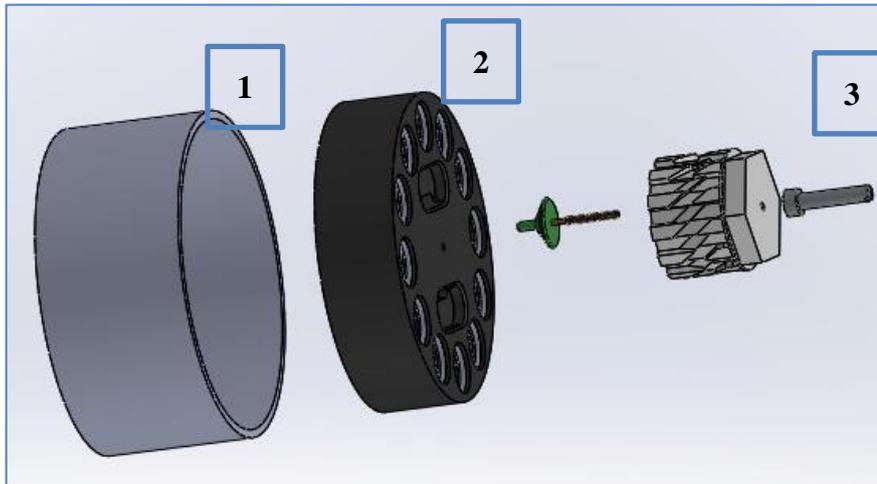


Figura 40 Diseño mecánico propuesto – Instalador de Calibradores

El diseño mecánico del instalador de calibradores está basado en el principal funcionamiento de tener varios calibradores a la vez (12 Calibradores), esta funcionalidad permite eliminar los tiempos de recarga y en consecuencia la probabilidad que se genere un accidente reduce significativamente.

Además, el diseño mecánico se ha implementado usando los conceptos básicos del tipo de material y el método de fabricación. Llegando a la conclusión que los mejores materiales según la fabricación y exigencias mecánicas son los polímeros sintéticos tales como el nylon o teflón. Además, se definió el método de fabricación a través de mecanizado CNC. Ver Figura 41.



Figura 41 Mecanizado CNC de Instalador de Calibradores

Situación POST TEST – Después

La situación posterior a la aplicación de la propuesta, se pudo observar una mejora desde la valoración de los operarios debido a que la exposición al riesgo directamente era menor, por lo tanto, la severidad de un posible daño era menor y la frecuencia que podría ocurrir un evento también es menor.

Además, al ser un diseño realizado con el punto de vista del usuario, es nuestro caso los operarios de robot y ayudantes, se tiene una mejor referencia de lo que puede ser la aplicación y uso del nuevo diseño mecánico.

Por otro lado, el aplicar un diseño innovador genera un diferenciador para el cliente, en este caso la mina puede reducir sus índices de accidentabilidad.

Es un valor agregado ya que los trabajos de explotación en socavón son considerados trabajos de alto riesgo y el cliente tiene como objetivo reducir al máximo la cantidad de eventos que atenten contra la salud y el bienestar de los trabajadores.

Muestra POST – TEST Situación después

Como se muestra en la Tabla 05, la valoración del riesgo identificado por los trabajadores redujo un 100% a nivel de riesgo bajo. Las muestras se tomaron después de la implementación de las propuestas en el mes de septiembre 2022.

Tabla 05:
Muestra Post Test del primer objetivo específico

N°	Valor de Riesgo Registrado en el IPERC CONTINUO	Nivel de Riesgo
Trabajador 1	20	Bajo
Trabajador 2	21	Bajo
Trabajador 3	21	Bajo
Trabajador 4	21	Bajo
Trabajador 5	21	Bajo
Trabajador 6	20	Bajo
Trabajador 7	21	Bajo
Trabajador 8	20	Bajo
Trabajador 9	21	Bajo

Fuente propia

Según la tabla, 6 trabajadores consideran según la identificación de peligros y evaluación de riesgos que realizaron, que la probabilidad que ocurra un evento es “muy raro” y la severidad por la ocurrencia de un evento sería “Temporal”, esto significa que el 67% de los trabajadores que realizaron la valoración de riesgos, consideran que el nivel de riesgo es bajo.

Así también los 3 restantes que son el 33% de los trabajadores evalúan que si se daría a cabo un evento la severidad sería permanente.

Segundo Objetivo: Implementar un acoplamiento mecánico al Instalador de Calibradores para reducir el tiempo de exposición.

Situación PRE TEST – Antes

El método realizado antes de la implementación de la propuesta de mejora, realizado con el bastón instalador, obliga al trabajador a estar expuesto a superficies inestables.

En la actualidad no se cuenta con alternativas para reducir el tiempo de exposición a la línea de fuego, lo cual eleva el nivel de riesgo.

El bastón aplicador hace que los trabajadores pasen un tiempo de exposición en superficies inestables (ver Figura 42).

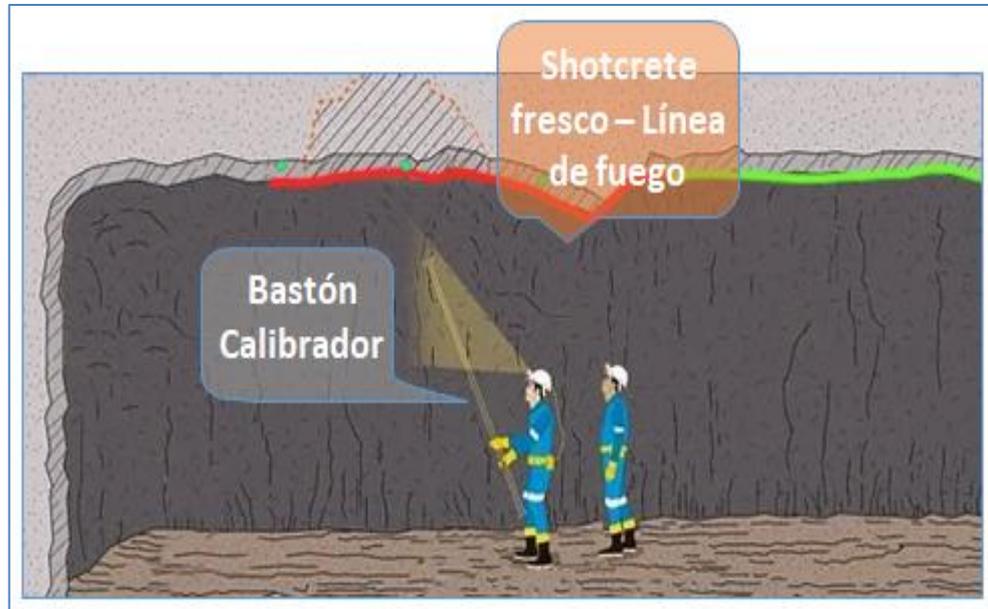


Figura 42 Instalación de calibradores – Línea de Fuego

La situación antes de la implementación 2 trabajadores pasaba en promedio de 15 minutos expuestos por cada turno.

Cada guardia tanto de día o noche pueden realizar entre 6- 8 labores. Lo cual significa que 2 trabajadores pueden pasar hasta 15 min expuestos por turno de trabajo. El proyecto trabaja con 2 turnos, turno día y turno noche por lo cual al día el tiempo de exposición es:

Turnos de Trabajo: 2

Personas expuestas por día: 4

Tiempo de exposición por persona por día: 15 minutos

Tiempo de exposición promedio por día: 60 minutos

Días trabajados promedio: 30 días

Tiempo de exposición Mensual promedio: 180 minutos

Muestra PRE – TEST Antes

Las muestras antes de la implementación se realizan a través de la técnica de la observación directa, lo cual permitió observar y medir tiempos en la actividad de instalación de calibradores.

La instalación manual usando el bastón instalador de calibrador está dividido en las siguientes tareas:

- a) Ubicación del operario y ayudante en la zona de shotcrete fresco. (Tarea previa)
- b) El ayudante inserta el calibrador en la punta del bastón.
- c) El operador ajusta el bastón según la distancia a aplicar.
- d) El operador inserta el calibrador a presión. (Exposición Directa a Shotcrete fresco)
- e) El bastón regresa a la ubicación del ayudante para recargar el siguiente calibrador.
- f) La instalación se da en un radio de 1 m².

La instalación de los calibradores se da en labores, las cuales son asignadas por el cliente, cada labor tiene una extensión diversa en m² y por consecuencia en m³ de concreto a lanzar.

Para la presente investigación se tomó las labores del turno noche del día 04 de abril del 2022, las labores programas (que son los puntos de sostenimiento) fueron ocho, donde se instalan la cantidad de calibradores de acuerdo a la cantidad de m³ de concreto usados para el sostenimiento de una superficie.

En cada labor se instalaron una cantidad de calibradores de acuerdo a la cantidad de m³ a aplicar.

Los resultados de los tiempos de exposición tomados dan como resultado un promedio de 1.4 minutos de exposición por cada calibrador instalado (Ver Tabla 06).

Tabla 06:
Muestra Pre Test del segundo objetivo específico

Guardia / Turno	Labor	N° Labor	Superficie Sostenida m ²	Tiempo observado de exposición al instalar un calibrador	Calificación	Tiempo Normal	Suplemento 5% retrasos involuntarios; por caídas de herramientas	Tiempo Estándar = TN + S
4/04/2022	CAM583N	Lab 7	6	2.1	45.0	1.6	0.1	1.7
4/04/2022	EST 954	Lab 2	8	1.7	50.0	1.4	0.1	1.5
4/04/2022	CAM524S	Lab 6	8	1.6	50.0	1.3	0.1	1.4
4/04/2022	TJ653N	Lab 8	8	2.0	45.0	1.5	0.1	1.6
4/04/2022	CAM 475N	Lab 3	10	1.5	50.0	1.3	0.1	1.3
4/04/2022	CAM76E	Lab 4	10	1.4	50.0	1.2	0.1	1.2
4/04/2022	VTN491S	Lab 5	10	1.6	50.0	1.3	0.1	1.4
4/04/2022	6AL954	Lab 1	16	1.5	50.0	1.3	0.1	1.3
		TOTAL	76	1.7	390	10.8	0.5	1.4

Fuente propia

El total de calibradores instalados en la guardia tomada son de 76 calibradores, los cuales se tomaron una muestra por cada labor, el tiempo de exposición de dos personas (Operador y Ayudante) en una guardia.

Aplicación de la Variable Independiente

Dentro de los controles de ingeniería, están los controles de tipo:

Alejar al trabajador del peligro

Este tipo de controles tiene como principal objetivo de aislar al trabajador de los peligros latentes que pueden llegar a ocasionar accidentes. En nuestra investigación:

- a) Peligro: Shotcrete Fresco (Superficie Inestables)
- b) Accidentes: Caída sobre operador y/o aplastamiento por superficies inestables.
- c) Control de Ingeniería: Acoplamiento mecánico para el instalador de calibradores

La aplicación de un acoplamiento mecánico al instalador de calibradores que va anclado al robot aplicador de shotcrete SPM4210, tiene como objetivo principal alejar al trabajador del peligro. Para lo cual se ha determinado usar el acoplamiento fijo (Ver Figura 43).

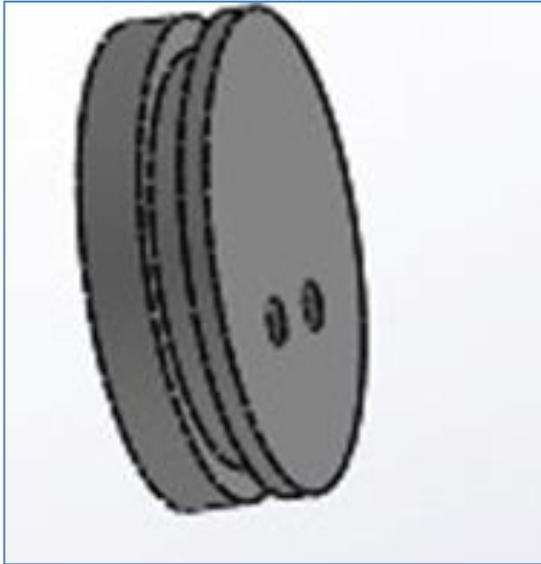


Figura 43 Acoplamiento mecánico

Este tipo de acoplamiento se usa con los acoples de palanca fija (Ver Figura 44).

Los acoples con palanca fija son usados comúnmente en equipos de bombeo de concreto, por lo cual es lo más adecuado para los equipos que se usan en la empresa.

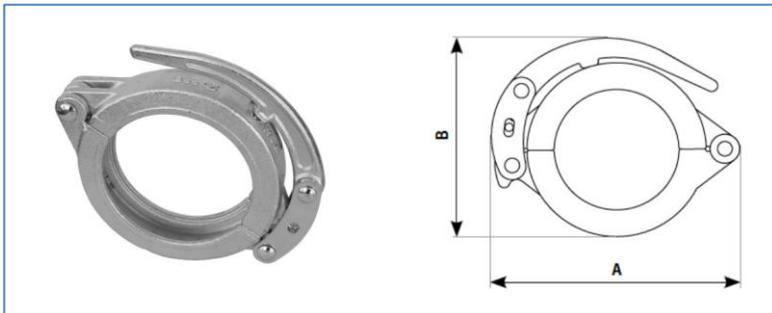


Figura 44 Acoples de palanca Fija

Los equipos aplicadores de shotcrete vienen con el sistema en la punta del brazo que es estandarizado, lo cual permite que el acoplamiento mecánico se pueda instalar con total facilidad al extremo del brazo telescópico, tal como se observa en la Figura 45.

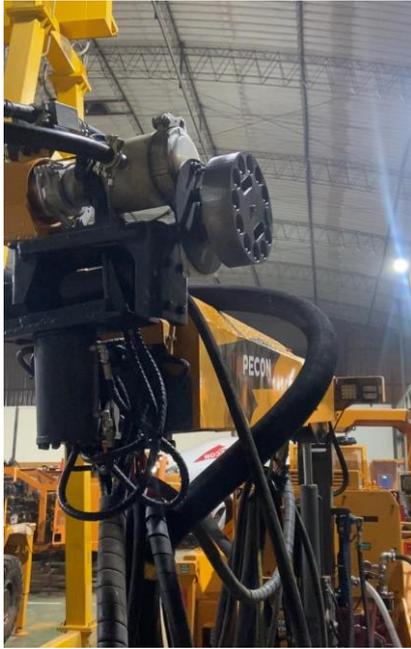


Figura 45 Acoplamiento mecánico instalado al Robot lanzador Putzmeister 4210.

Situación POST TEST – Después

El acoplamiento mecánico en el instalador de calibradores, puesto sobre el robot lanzador de shotcrete, permite que la estructura mecánica de la herramienta, permite que el funcionamiento de la herramienta se pueda realizar con el operador a metros de distancia de la línea de fuego. Figura 46

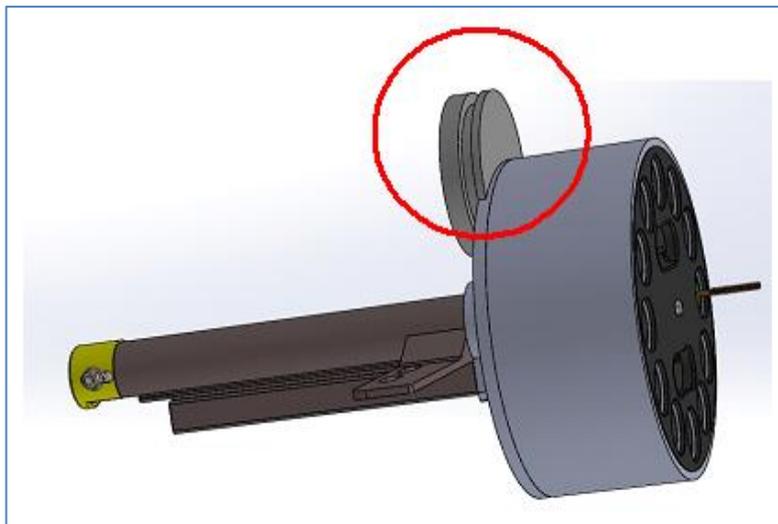


Figura 46 Instalador de Calibradores con Acoplamiento Mecánico.

El acoplamiento mecánico aísla al trabajador y modifica el método de trabajo para realizar la aplicación de los calibradores. Lo cual se puede observar desde la operación y el manejo para realizar la instalación. Ver Figura 47

A continuación, se detalla el detalle del nuevo método de realizar el trabajo:

- a) Se realiza la instalación con el Acoplamiento mecánico al robot aplicador de shotcrete Putzmeister SPM4210.
- b) Se carga los calibradores (12 unidades) en el instalador.
- c) Se posiciona el brazo telescópico en los puntos donde serán instalados los calibradores.



Figura 47 Instalador de Calibradores con Acoplamiento mecánico en Robot Lanzador de shotcrete Putzmeister 4210

Muestra POST – TEST Situación después

Las muestras tomadas después de la implementación del acoplamiento mecánico en el instalador de calibradores, se dio en el mes de Julio de 2022.

Las muestras fueron tomadas en una guardia donde se instalaron la misma cantidad de calibradores que en las muestras pre (76 calibradores). El total de calibradores

refleja el tiempo de exposición que se tiene con la instalación del acoplamiento mecánico.

Tal como podemos observar en las muestras obtenidas de la toma de tiempos en cada labor. La tarea que se tomó tiempo es la de “Recarga de Calibradores”, ya que es la única que expone al operador. Ver Tabla 07

Tabla 07:
Muestra Pre Test del segundo objetivo específico

Guardia / Turno	Labor	Nº Labor	Superficie Sostenida	Tiempo de exposición por calibrador (min)	Calificación	Tiempo Normal	Tiempo Estándar = TN + S
15/06/2022	VTN533	Lab 1	14	0.1	50.0	0.1	0.1
15/06/2022	953W	Lab 2	4	0.0	50.0	0.0	0.0
15/06/2022	930W	Lab 3	8	0.0	50.0	0.0	0.0
15/06/2022	GAL954E	Lab 4	8	0.0	45.0	0.0	0.0
15/06/2022	450E	Lab 5	10	0.1	50.0	0.1	0.1
15/06/2022	CX513	Lab 6	16	0.1	50.0	0.1	0.1
15/06/2022	653E	Lab 7	6	0.0	50.0	0.0	0.0
15/06/2022	654E	Lab 8	10	0.1	50.0	0.1	0.1
			76	0.0	395	0.28	0.0

Fuente propia

El tiempo de exposición se da en las labores donde superan los 10 calibradores, el tiempo de exposición de 1 minuto se da por la recarga de calibradores en el instalador. Así mismo en las labores donde se instalan menos de 10 calibradores el tiempo de exposición es 0. El operador no tiene necesidad de acercarse a las superficies con shotcrete fresco o superficies inestables.

En consecuencia, el promedio de tiempo de exposición promedio por instalar un calibrador se reduce a 0.

Tercer Objetivo: Implementar un sistema electro neumático para reducir los accidentes en la instalación de calibradores.

Situación PRE TEST – Antes

La situación antes de la instalación del sistema electro neumático se da de manera manual y mecánica. La instalación de calibradores de manera manual tiene dos movimientos realizados para lograr la instalación de los calibradores, estos movimientos son realizados por el operador y el ayudante. Se describen los movimientos a continuación:

a) El ayudante inserta el calibrador en el bastón. Ver Figura 48.



Figura 48 Ayudante insertando calibrador en Bastón Instalador

b) El operador realiza la extensión o retracción, de acuerdo a la distancia de la superficie.

c) El operador realiza la aplicación del calibrador sobre la superficie de concreto fresco, realizando la presión adecuada para que el calibrador pueda quedar instalado. Ver Figura 49



Figura 49 Instalación de calibrador de manera manual.

Los movimientos realizados para la instalación de calibradores se dan debajo del concreto fresco y con exposición a desprendimiento de este, lo que ha ocasionado desde accidentes leves, tales como el que se dio en el mes de agosto, mientras se realizaba la instalación de calibradores el ayudante de robot estuvo expuesto al concreto fresco, el cual se desprendió ocasionando lesiones leves en el personal. Ver Figura 50.



Figura 50 Accidente por desprendimiento de concreto fresco agosto 2022.- UM Bateas

Muestra PRE – TEST Antes

Las muestras tomadas son respecto a los accidentes registrados en los últimos 5 meses antes de la aplicación del control de ingeniería.

Se registra accidentes leves por desprendimiento de concreto fresco, mientras se realizaba la instalación de calibradores. Los accidentes fueron registrados en la estadística de la empresa, así como en la estadística de cada unidad minera.

El documento que nos permitió conocer a detalle los eventos fue los flashes reports o reportes preliminares realizados por los ingenieros de seguridad responsables de la operación. Ver Tabla 08

Tabla 08:
Muestra Pre Test del tercer objetivo específico

Meses	N° Accidentes PRE
Enero	1
Febrero	2
Marzo	2
Abril	1
Mayo	1

Fuente propia

Como se observa en la Tabla 08, los accidentes por desprendimiento de superficies inestables reportados por la empresa se dan constantemente, al menos una vez al mes.

Lo cual significa una constante, por lo tanto, la probabilidad de ocurrencia es alta, así como la severidad de los accidentes tiene un alto potencial de ser graves.

Aplicación de la Variable Independiente

El tercer tipo de control que se implementará será la automatización de la herramienta, es nuestro caso se plantea la implementación de actuadores neumáticos para realizar los movimientos del instalador de calibradores.

El instalador de calibradores requiere dos movimientos para realizar la instalación: Rotación y Empuje. Ver Figura 51

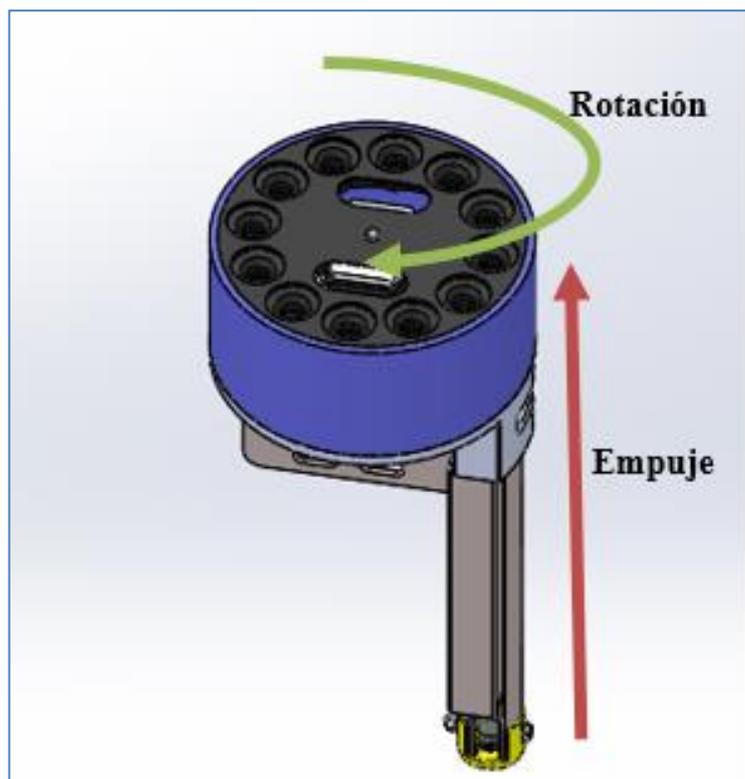


Figura 51 Movimientos de Instalador de Calibradores

Rotación: El diseño mecánico de la carcasa, requiere realiza el giro para poder ubicar los calibradore en la posición donde el siguiente actuador realizara la instalación.

Este giro se dará a través del movimiento lineal del actuador instalado en un piñón que generará el movimiento de rotación a la carcasa.

Tipo de actuador: Pistón Neumático de simple efecto

Carrera: 6 cm

Empuje: El movimiento para realizar la instalación del calibrador se da a través del movimiento vertical de un pistón neumático.

Tipo de actuador: Pistón Neumático de simple efecto

Carrera: 15 cm

La instalación de los actuadores neumáticos tiene un accionamiento directo desde un tablero de control instalado en el quipo lanzador, el accionamiento de los actuadores y su conexión se da según el plano propuesto en la Figura 52.

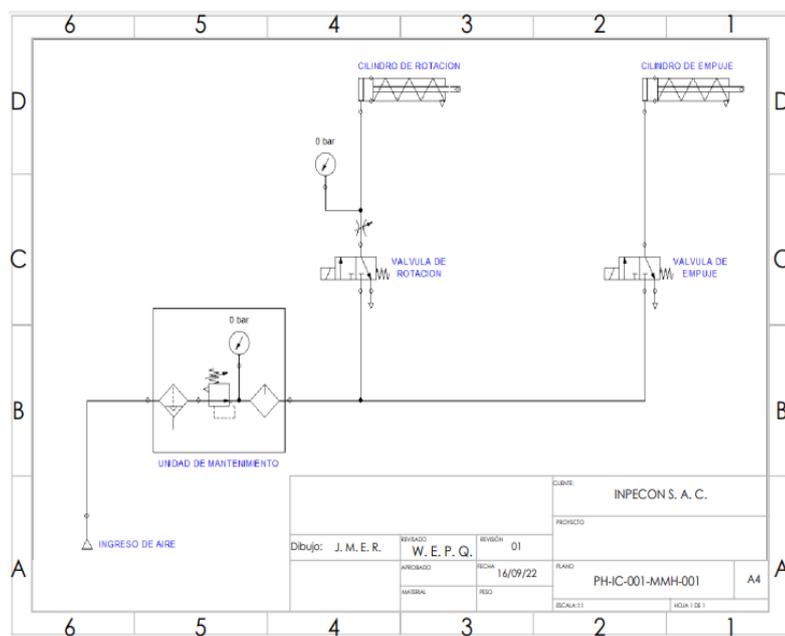


Figura 52 Esquema de accionamiento de Pistones Neumáticos

Los Actuadores neumáticos trabajan una vez el brazo telescópico es ubicado en el lugar donde se instalará el calibrador.

Cuando el brazo es ubicado en el lugar de instalación del calibrador, el operador da la señal para accionar el cilindro de empuje, con lo cual el calibrador es instalado.

Una vez realizada la aplicación del calibrador el brazo telescópico es alejado y seguidamente se acciona el cilindro de rotación, esto ubica al siguiente calibrador a la altura del cilindro de empuje, para ser usado en la siguiente instalación.

Situación POST TEST – Después

La situación después de haber realizado la aplicación del sistema neumático en el aplicador de calibradores permitió reemplazar los movimientos de los operadores en la instalación manual por el accionamiento neumático de los cilindros.

La aplicación del sistema electro neumático permite reemplazar:

- a) La ubicación del personal debajo del concreto fresco es reemplazado por el movimiento del brazo.
- b) La instalación realizada a presión por el operador es reemplazada por la extensión del cilindro de empuje.
- c) La recarga del calibrador es reemplazada por el movimiento del cilindro de rotación que tiene hasta 12 calibradores para aplicar.

Los actuadores adaptados en el Instalador de calibrador permiten la operación de esta herramienta desde un lugar fuera de la línea de fuego, tal como podemos observar en la Figura 53.

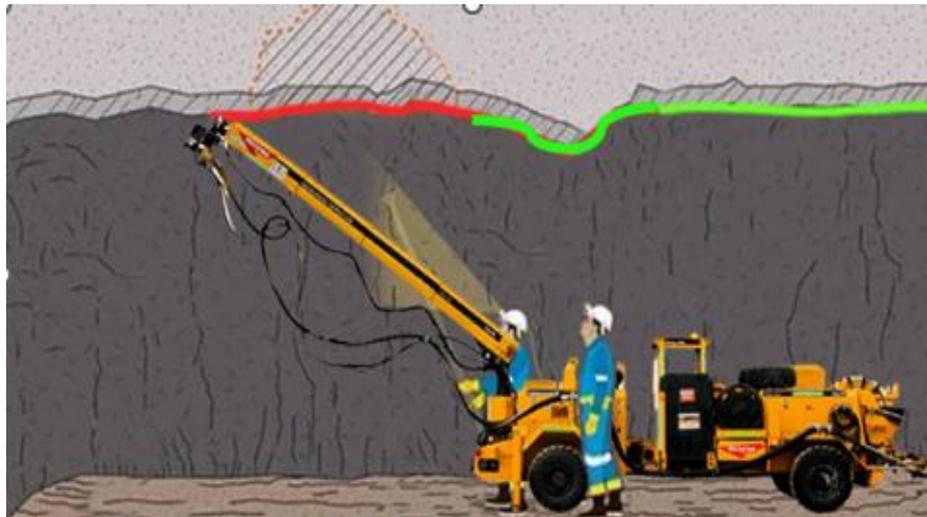


Figura 53 Instalación de Calibradores usando el sistema electro neumático.

Tal como observamos en la Figura 54, en la actualidad los operadores están alejados de las superficies inestables, como del concreto fresco.

Además, el alejamiento de las superficies inestables, genera como consecuencia la reducción de riesgo en la actividad.

El personal se mantiene en todo momento alejado de las superficies con concreto fresco, tal como se observa en la Figura 54.



Figura 54 Instalación de calibradores usando el sistema electro neumático.

Muestra POST – TEST Situación después

La muestra que se usó después de 4 meses de la aplicación de instalador de calibradores con sistema electro neumático. Redujeron a 0, debido a que el método de trabajo pasó de ser manual a ser semi automático.

El registro de n° de accidentes por desprendimiento de superficies inestables, refleja una reducción inmediata. Ver Tabla 09

Tabla 09:

Muestra Post Test del tercer objetivo específico

Mes	N° Accidentes en la instalación de calibradores
Junio	0
Julio	1
Agosto	0
Septiembre	0

Fuente propia

Solo se registra 1 accidente el mes de Junio, que se día a causa de un desprendimiento sobre el instalador de calibradores. Lo cual genero daños al equipo mas no a los trabajadores.

Las muestras post reflejan la reducción de accidentes con consecuencias y por ende a la salud del trabajador, fueron eliminadas.

4.2 Análisis de resultados

Generalidades

En esta sección se presentan los planteamientos y los resultados de las pruebas de normalidad y de las pruebas de hipótesis de esta investigación, donde se expone el detalle de la información levantada de las muestras en situación pre test y en situación post test, de manera que se pueda comprobar y verificar el contraste de las muestras, a través del análisis de la estadística inferencial planteadas en la investigación para cada una de las hipótesis específicas.

Para todos los resultados de las pruebas se ha utilizado el software estadístico IBM SPSS Statistics en su versión 28.

Este software ofrece análisis estadístico avanzado, una amplia biblioteca de algoritmos de machine learning, análisis de texto, extensibilidad de código abierto, integración con big data y un fácil despliegue en las aplicaciones. Su facilidad de uso, flexibilidad y escalabilidad hacen que SPSS sea accesible para usuarios con cualquier nivel de conocimiento.

Además, es adecuado para proyectos de todos los tamaños y niveles de complejidad, y puede ayudar a los investigadores a encontrar nuevas oportunidades, mejorar la eficiencia y minimizar el riesgo.

Prueba de Normalidad

Para las pruebas de normalidad se plantean las siguientes hipótesis:

H₀: Hipótesis Nula – Los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal

H₁: Hipótesis Alterna – Los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

a) Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. $\geq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0)

Por lo tanto, los datos de la muestra, SI siguen una distribución normal.

b) Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. < 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Por lo tanto, los datos de la muestra, NO siguen una distribución normal.

Prueba de Hipótesis

Para la contrastación de hipótesis se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H₀: Hipótesis Nula – NO existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test

H₁: Hipótesis Alterna – SI existe diferencia estadística significativa entre la muestra Pre-Test y la muestra Post Test

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

a) Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. $\geq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0), o lo que es lo mismo, se rechaza la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: NO se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

b) Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. < 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1), o lo que es lo mismo, se acepta la hipótesis del investigador.

Por lo tanto: SI se aplica la Variable Independiente (Variable Teórica) del investigador

Prueba de Levene

Para la prueba de Levene se plantea la siguiente validez de la hipótesis:

H₀: Hipótesis Nula – SI se asumen varianzas iguales

H₁: Hipótesis Alterna – NO se asumen varianzas iguales

Nivel de significancia: Sig. = 0.05

Regla de decisión:

a) Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor mayor o igual al 5,00% (Sig. $\geq 0,05$), entonces, se acepta la hipótesis nula (H_0)

Por lo tanto: SI se asumen varianzas iguales

b) Si el nivel de significancia Sig. resulta ser un valor menor al 5,00% (Sig. < 0,05), entonces, se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Por lo tanto: NO se asumen varianzas iguales

Primera hipótesis específica: Si se implementa el diseño Mecánico al instalador de calibradores, entonces se reducirá el nivel de riesgo en la instalación de calibradores.

Pruebas de Normalidad

Muestra Pre Test y Post Test:

De acuerdo a lo descrito en el punto 3.2 las muestras son el resultado del registro de la evaluación de riesgos (IPERC) de los operadores (5) y ayudantes (4) frente a la actividad de instalación de calibradores.

En la Tabla 10, se pueden apreciar la valoración del nivel de riesgo de la actividad de instalación de calibradores, antes de la implementación del diseño mecánico en el instalador de calibrador, y también la valoración del nivel de riesgo después de la implementación del diseño mecánico del instalador de calibradores.

Tabla 10:

Muestra Pre Test y Post Test del primer objetivo específico

N°	Valor de Riesgo Registrado en el IPERC CONTINUO	
	PRE	POST
Trabajador 1	2	20
Trabajador 2	4	21
Trabajador 3	4	21
Trabajador 4	4	21
Trabajador 5	4	21
Trabajador 6	2	20
Trabajador 7	4	21
Trabajador 8	4	20
Trabajador 9	2	21

Fuente propia

Prueba paramétrica Pre Test y Post Test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS Versión 26, se observa que los datos a procesar fueron los resultados de la valoración del nivel de riesgo de la actividad de instalación de calibradores antes y después de la implementación, el porcentaje de datos válidos fue del 100% tanto

para los valores de riesgo pre y post, el porcentaje de casos perdidos fue de 0% dando un total de casos del 100%. (Ver Tabla 11)

Tabla 11:
Resumen de procesamiento de casos

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Valor del Riesgo - PRE	9	100.0%	0	0.0%	9	100.0%
Valor del Riesgo - POST	9	100.0%	0	0.0%	9	100.0%

Fuente: IBM SPSS Versión 28

Estadísticos descriptivos

En la Tabla 12, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras Pre Test y Post Test de los valores de riesgo de los 9 trabajadores como son la Media, la Mediana y la Varianza obtenidos a través del software SPSS versión 26

Tabla 12:
Estadísticos descriptivos de las muestras Pre Test y Post Test

			Estadístico	Error estándar
Valor del Riesgo - PRE	Media		3.33	.373
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2.47	
		Límite superior	4.19	
	Media recortada al 5%		3.31	
	Mediana		4.00	
	Varianza		1.250	
	Desviación estándar		1.118	
Valor del Riesgo - POST	Media		21.33	.527
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	20.12	
		Límite superior	22.55	
	Media recortada al 5%		21.20	
	Mediana		21.00	
	Varianza		2.500	
	Desviación estándar		1.581	

Fuente: IBM SPSS Versión 28

Muestra Pre Test:

Media: 3.33

Mediana: 4.00

Varianza: 1.250

Desviación Estándar: 1.118

Muestra Post Test

Media: 21.33

Mediana: 21

Varianza: 2.5

Desviación Estándar: 1.581

Prueba de normalidad

Los datos que se utilizaron para realizar la prueba de normalidad, los datos a procesar fueron los resultados de la valoración del nivel de riesgo por parte de los 9 trabajadores que realizan la actividad de instalación de calibradores antes y después de la implementación, al ser el total de datos una cantidad menor a 50 se decide realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk. Ver Tabla 13.

Tabla 13:

Pruebas de normalidad

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	g	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Valor del Riesgo - PRE	.280	9	.040	.844	9	.065
Valor del Riesgo - POST	.250	9	.110	.795	9	.018

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk podemos determinar que:

- Para las muestras Pre Test y Post Test de los valores de riesgo en el presente estudio, los valores de la Sig son: 0.65. y 0.18, respectivamente
- El valor de la significancia de la muestra Pre Test es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Pre Test SI provienen de una distribución normal.

c) El valor de la significancia de la muestra PostTest es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Post Test SI provienen de una distribución normal.

Prueba de Hipótesis

H₀: Si se implementa el diseño Mecánico al instalador de calibradores, entonces NO se reducirá el nivel de riesgo en la instalación de calibradores

H₁: Si se implementa el diseño Mecánico al instalador de calibradores, entonces SI se reducirá el nivel de riesgo en la instalación de calibradores

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras relacionadas emparejadas, debido a que si son el mismo grupo de análisis para la muestra Pre Test y Post Test; y que además, la muestra Pre Test si provienen de una distribución normal, además, las muestra Post Test provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de Wilcoxon, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de Wilcoxon

En el resumen de contraste de hipótesis, ver Tabla 14, se observa en la prueba de Wilcoxon de muestras relacionadas, que la Sig es 0.007, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alterna (H₁)

Tabla 14:
Resumen de contrastes de hipótesis

Resumen de contrastes de hipótesis			
Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La mediana de diferencias entre Valor del Riesgo - PRE y Valor del Riesgo - POST es igual a 0.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para muestras relacionadas	.007	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De acuerdo al resultado mostrado, los valores de riesgos registrados antes de la implementación del diseño mecánico, muestra una diferencia estadística significativa, con los valores de riesgos registrados después de la implementación del diseño mecánico en el instalador de calibradores.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H₁: Si se implementa el diseño Mecánico al instalador de calibradores, entonces SI se reducirá el nivel de riesgo en la instalación de calibradores

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación del diseño mecánico en el instalador de calibradores tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción del nivel de riesgo en la actividad de instalación de calibradores.

Análisis e interpretación de los resultados (aporte de la investigación)

El análisis de las muestras de los valores de riesgo pre y post implementación del diseño mecánico, nos dan resultados de las características de las muestras desde la estadística descriptiva, como la media, mediana y varianza.

Además, la prueba de normalidad da como resultados que las dos muestras pre y post provienen de una distribución normal.

La prueba de hipótesis nos da como resultado que los contrastes de las muestras pre y post, acepta la hipótesis alterna, que es la hipótesis planteada.

Segunda hipótesis específica: Si se implementa un acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores se reducirá el tiempo de exposición al riesgo en la instalación de calibradores.

Pruebas de Normalidad

Muestra Pre Test y Post Test:

De acuerdo a lo descrito en el punto 3.2 las muestras son tomadas por observación directa en este caso, se tomó 8 muestras de tiempos de exposición utilizados en la instalación de calibradores antes y después de la implementación del acoplamiento mecánico en el instalador de calibrador. Cada muestra fue tomada de la instalación de un calibrador en cada labor, fueron 8 labores que se dieron en un turno de trabajo y de diferentes labores.

Consta de un total de 8 datos de tiempo de exposición en la instalación de calibradores, en la muestra antes (Pre Test) y en la muestra después (Post Test), de aplicar la variable independiente en la investigación para esta primera hipótesis específica. Ver Tabla 15.

Tabla 15:
Muestra Pre Test y Post Test del segundo objetivo específico

Labor	Tiempo de exposición por calibrador (min)	
	PRE	POST
CAM 583	1.7	0.1
EST 954	1.5	0.0
CAM 524S	1.4	0.0
TJ65 3N	1.6	0.0
CAM 475	1.3	0.1
CAM 76E	1.2	0.1
VTN 491S	1.4	0.0
6AL 954	1.3	0.1
	1.4	0.0

Fuente Propia

Prueba Pre Test y Post Test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS Versión 28, se verifica que, del total de 8 muestras procesadas, el 100% han sido validadas, es decir, no hubo ningún dato perdido. Ver Tabla 16

Tabla 16:
Resumen de procesamiento de datos – muestras Pre Test y Post Test

PRE - POST		Resumen de procesamiento de casos					
		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Tiempo de exposición	Muestra PRE	8	100.0%	0	0.0%	8	100.0%
	Muestra POST	8	100.0%	0	0.0%	8	100.0%

Fuente: IBM SPSS Versión 28

Estadísticos descriptivos

Con los estadísticos descriptivos podemos contar con un resumen conciso de los datos para poder analizarlos por tendencia central o por dispersión. Ver Tabla 17

Tabla 17:
Estadísticas de grupo – Muestras pre y post test

Descriptivos					
	PRE - POST			Estadístico	Error estándar
Tiempo de exposición	Muestra PRE	Media		1.388	.0639
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1.236	
			Límite superior	1.539	
		Media recortada al 5%		1.381	
		Mediana		1.350	
		Varianza		.033	
		Desviación estándar		.1808	
	Muestra POST	Media		.113	.0398
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.018	
			Límite superior	.207	
		Media recortada al 5%		.108	
		Mediana		.100	
		Varianza		.013	
		Desviación estándar		.1126	

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De la Tabla 17, podemos ver que se ha obtenido las medidas de tendencia central, así como, como medidas de dispersión, para las muestras Pre Test y Post Test.

Muestra Pre Test:

Media: 1.381

Mediana: 1.350

Varianza: 0.033

Desviación estándar: 0.1808

Muestra Post Test

Media: 0.108

Mediana: 0.100

Varianza: 0,013

Desviación estándar: 0,1126

Prueba de normalidad

Por la cantidad de datos que tenemos (8 datos) en Pre Test y Post Test respectivamente, las muestras son sometidas a la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk a través programa software IBM SPSS Versión 28, a fin de verificar si la distribución es normal, es decir, si es paramétrica. Ver Tabla 18

Tabla 18:

Prueba de Normalidad de las muestras Pre Test y Post Test

Pruebas de normalidad							
PRE - POST		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	g	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo de exposición	Muestra PRE	.222	8	.200*	.894	8	.255
	Muestra POST	.216	8	.200*	.882	8	.197
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk podemos determinar que:

- Para las muestras Pre Test y Post Test del tiempo de exposición en la instalación de calibradores, los valores de la Sig. son: 0.255 y 0.197 respectivamente.
- Estos valores son mayores que el valor de la significancia 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Pre Test y Post Test SI provienen de una distribución normal.

Prueba de Hipótesis

H₀: Si se implementa un acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores, entonces NO se reducirá el tiempo de exposición al riesgo en la instalación de calibradores.

H₁: Si se implementa un acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores, entonces SI se reducirá el tiempo de exposición al riesgo en la instalación de calibradores.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras independientes, debido a que no son el mismo grupo de análisis para la muestra Pre Test y Post Test; y que, además, ambas muestras provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de T de Student de muestra independientes, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medias.

Prueba de Levene

Antes de analizar la prueba de hipótesis T de Student de muestras independientes, primero analizaremos la prueba de Levene como herramienta de estadística inferencial para evaluar si existe igualdad en las varianzas de nuestra variable calculada para la muestra pre test y post test.

En la Tabla 19 se observa en la prueba de Levene que la Sig es 0,287, lo cual es mayor que 0.05, por lo tanto, se asumen Varianzas Iguales

Tabla 19:
Prueba de Levene

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas	
		F	Sig.
Tiempo de exposición	Se asumen varianzas iguales	1.224	.287
	No se asumen varianzas iguales		

Fuente: IBM SPSS Versión 28

T de Student de Muestras independientes

En la Tabla 20 se puede observar, estadísticas de grupo donde las medias son independientes y las desviaciones estándar de la muestra Pre y Muestra Post, son 0.1808 y 0.1126 respectivamente.

Tabla 20:
Estadísticas de Grupo

Estadísticas de grupo					
PRE - POST		N	Medi a	Desviació n estándar	Media de error estándar
Tiempo de exposi ción	Muestr a PRE	8	1.388	.1808	.0639
	Muestr a POST	8	.113	.1126	.0398

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De igual manera en la Tabla 21 se observa en la prueba de T de Student de muestras independientes, que la Sig. es 0.001, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Tabla 21:
Prueba de hipótesis de T de Student de muestras independientes

Prueba de muestras independientes							
prueba t para la igualdad de medias							
t	gl	Significación		Difere ncia de media s	Difere ncia de error están dar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		P de un fact or	P de dos fact ores			Infer ior	Superio r
16. 93 3	14	<.00 1	<.001	1.275 0	.0753	1.11 35	1.4365
16. 93 3	11. 72 1	<.00 1	<.001	1.275 0	.0753	1.11 05	1.4395

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De acuerdo al resultado mostrado en la Tabla 21, al tiempo de exposición antes de la implementación, muestra una diferencia estadística significativa, al tiempo de exposición después de la implementación de un acoplamiento mecánico al instalador de calibradores.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H₁: La implementación de un acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores reducirá el tiempo de exposición al riesgo en la instalación de calibradores.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación de un acoplamiento mecánico en el instalador de calibradores tuvo un efecto positivo y significativo con una disminución en el tiempo de exposición.

Análisis e interpretación de los resultados (aporte de la investigación)

El análisis de las muestras de los tiempos de exposición pre y post, y la implementación del acoplamiento mecánico, nos dan resultados de las características de las muestras desde la estadística descriptiva, como la media, mediana y varianza. Además, la prueba de normalidad da como resultados que las dos muestras pre y post provienen de una distribución normal.

La prueba de hipótesis nos da como resultado al ser muestras independientes. Con la prueba de Levene, se asume varianzas iguales.

Y la prueba de T-Student da como resultado que al ser Sig. es menor que 0.05, da como resultado el rechazo de la hipótesis Nula, por lo cual se acepta la hipótesis planteada.

Tercera hipótesis específica: Si se implementa un sistema electro neumático entonces se reducirá los accidentes en la instalación de calibradores.

Pruebas de Normalidad

Muestra Pre Test y Post Test:

De acuerdo a lo descrito en el punto 3.2 las muestras son recopiladas de la información que la empresa proporciona respecto a los accidentes que se tuvieron durante la actividad de instalación de calibradores.

En la Tabla 22, se pueden apreciar la cantidad de accidentes registrados antes de implementar el sistema electro neumático en el instalador de calibradores y la cantidad de accidentes registrados después de haber implementado el sistema electro neumático en el instalador de calibradores.

Tabla 22:
Muestra PRE TEST y POST TEST de la tercera hipótesis

	N° Accidentes PRE	N° Accidentes POST
	1	0
	2	1
	2	0
	1	0
	1	

Fuente propia

Prueba paramétrica Pre Test y Post Test

En el cuadro de resumen de procesamiento de casos, obtenido mediante el software IBM SPSS Versión 28, se observa que los datos a procesar fueron la cantidad de accidentes mensuales que se registraron 5 meses antes de implementar el sistema electro neumático en el instalador de calibradores y la cantidad de accidentes mensuales por 4 meses después de la implementación del sistema electro neumático en el instalador de calibradores, el porcentaje de datos válidos fue del 100% tanto para las unidades producidas pre y post, el porcentaje de casos perdidos fue de 0% dando un total de casos del 100%. (Ver Tabla 23)

Tabla 23:
Resumen de procesamiento de casos

PRE - POST		Resumen de procesamiento de casos					
		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje		
N° Accidentes	Muestra PRE	5	100.0 %	0	0.0%	5	100.0 %
	Muestra POST	4	100.0 %	0	0.0%	4	100.0 %

Fuente: IBM SPSS Versión 28

Estadísticos descriptivos

En la Tabla 24, se muestra los datos estadísticos descriptivos de las muestras Pre Test y Post Test la cantidad de accidentes registrados como son la Media, la Mediana y la Varianza obtenidos a través del software SPSS versión 26

Tabla 24:
Estadísticos descriptivos de las muestras Pre Test y Post Test

Descriptivos						
PRE - POST			Estadístico	Error estándar		
N° Accidentes	Muestra PRE	Media		1.40	.245	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	.72		
			Límite superior	2.08		
		Media recortada al 5%			1.39	
		Mediana			1.00	
		Varianza			.300	
		Desviación estándar			.548	
	Muestra POST	Media		.25	.250	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-.55		
			Límite superior	1.05		
		Media recortada al 5%			.22	
		Mediana			.00	
		Varianza			.250	
		Desviación estándar			.500	

Fuente: IBM SPSS Versión 28

Muestra Pre Test:

Media: 1.4

Mediana: 1.00

Varianza: 0.30

Desviación Estándar: 0.548

Muestra Post Test

Media: 0.25

Mediana: 0.00

Varianza: 0.250

Desviación Estándar: 0.500

Prueba de normalidad

Los datos que se utilizaron para realizar la prueba de normalidad fueron las cantidades de accidentes registrados mensualmente por 5 meses antes de implementar el sistema electro neumático y las cantidades de cantidades de accidentes registrados mensualmente por 4 meses luego de implementar el nuevo sistema de mantenimiento, al ser el total de datos una cantidad menor a 50 se decide realizar la prueba de normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk. Ver Tabla 25.

Tabla 25:
Pruebas de normalidad

PRE - POST		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N° Accidente s	Muestra PRE	.367	5	.026	.684	5	.006
	Muestra POST	.441	4	.	.630	4	.001
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.							
a. Corrección de significación de Lilliefors							

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro - Wilk podemos determinar que:

- Para las muestras Pre Test y Post Test de los accidentes registrados mensualmente en el presente estudio, los valores de la Sig son: 0.06 y 0.001, respectivamente
- El valor de la significancia de la muestra Pre Test es mayor que el valor de 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Nula, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Pre Test SI provienen de una distribución normal.
- El valor de la significancia de la muestra Post Test es menor que el valor 0,05, de modo que, se acepta la Hipótesis Alterna, con lo cual se concluye que los datos de la muestra Post Test NO provienen de una distribución normal.

Prueba de Hipótesis

H₀: Si se implementa un sistema electro neumático entonces NO se reducirá los accidentes en la instalación de calibradores.

H₁: Si se implementa un sistema electro neumático entonces SI se reducirá los accidentes en la instalación de calibradores.

Prueba de significancia

Dado que los datos son de naturaleza numérica; de muestras independientes, debido a que si son el mismo grupo de análisis para la muestra Pre Test y Post Test; y que además, la muestra Pre Test si provienen de una distribución normal, pero, la muestra Post Test no provienen de una distribución normal, se determinó utilizar la Prueba de U de Mann Whitney, la cual es una prueba de hipótesis que permite evaluar si en

los resultados hay diferencia estadística de manera significativa respecto a sus medianas.

Prueba no paramétrica de U de Mann Whitney

En el resumen de contraste de hipótesis, ver Tabla 26, se observa en la prueba de U de Mann Whitney de muestras independientes, que la Sig es 0.032, lo cual es menor que 0.05, por lo tanto, podemos concluir que se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1)

Tabla 26:
Resumen de contrastes de hipótesis

Resumen de contrastes de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de N° Accidentes es la misma entre categorías de PRE - POST.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	.032	Rechace la hipótesis nula.

Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,050.

Fuente: IBM SPSS Versión 28

De acuerdo al resultado mostrado, la cantidad de accidentes registrados antes de la implementación del sistema electroneumático en el aplicador de calibradores, muestra una diferencia estadística significativa, la cantidad de accidentes registrados después de la implementación del sistema electro neumático.

Con lo cual, para este contraste de muestras acepta la hipótesis alterna o lo que es lo mismo, la hipótesis del investigador:

H₁: Si se implementa un sistema electro neumático entonces SI se reducirá los accidentes en la instalación de calibradores.

Por todo lo antes expuesto, se evidencia claramente que la implementación del sistema electro neumático en el aplicador de calibrador tuvo un efecto positivo y significativo en la reducción de accidentes registraos mensualmente.

Análisis e interpretación de los resultados (aporte de la investigación)

El análisis de las muestras de los accidentes pre y post, y la implementación del sistema electroneumático, nos dan resultados de las características de las muestras desde la estadística descriptiva, como la media, mediana y varianza.

Además, la prueba de normalidad Shapiro-Wilk da como resultados que las muestras pres test si provienen de una distribución normal. Sin embargo, las muestras post test no provienen de una distribución normal.

Al ser muestras paramétricas y no paramétricas en el pre tes y post test, se realiza la prueba de Hipotesis U de Mann Whitnet.

Dando como resultado las Sig. menor de 0.05 por lo tanto da como resultado el rechazo de la hipótesis Nula, y se acepta la hipótesis planteada.

Resumen de resultados

Líneas abajo observamos el resumen de los resultados mostrados en esta investigación.

- a) En la primera hipótesis se puede ver la mejora de 520% de la valoración de riesgo promedio de los 9 trabajadores por lo que la nueva valoración establece el nivel de riesgo de Alto a bajo.
- b) En la segunda hipótesis la reducción del tiempo en la instalación de un calibrador 98% al implementar el acoplamiento mecánico en el instalador de calibrador, es decir, se ha podido reducir el tiempo de exposición en la instalación de calibradores.
- c) En la tercera hipótesis el número de accidentes registrados entre Enero-Mayo vs el número de accidentes entre Junio- Septiembre se redujo en 6 siendo el 86% de los accidentes registrados. Ver Tabla 27

Tabla 27:
Resumen de resultados

Hipótesis Específica	Variables Independiente	Variables Dependiente	Indicador	Pre-Test	Post-Test	Diferencia
1	Diseño Mecánico al instalador de calibradores	Nivel de riesgo	Valor de Riesgo Promedio	3	21	Mejoro 18 600 %
2	Acoplamiento Mecánico al instalador de calibradores	Tiempo de exposición	Tiempo de exposición promedio por cada calibrador	1.4	0.03	Redujo 1.37 98%
3	Sistema Electroneumático	Accidentes	Nº Accidentes	7	1	Redujo 6 86%

Elaboración: Propia

CONCLUSIONES

1. La implementación del diseño mecánico en el instalador de calibradores permite reducir el nivel de riesgo valorado por los trabajadores que realizan la actividad. El promedio de valoración de riesgos por los 9 trabajadores aumento en 17 puntos, siendo un 520% de aumento de valoración, según la matriz de evaluación de riesgos, reduce el valor de riesgo en la actividad de instalación de calibradores de riesgo de nivel alto a nivel bajo.
2. El acoplamiento mecánico implementado en el instalador de calibradores permitió reducir el tiempo de exposición un 98%. El tiempo de exposición promedio antes de la implementación fue de 1.4 min, después de la implementación se redujo a un promedio de 0.03 min, debido a que el operador no requiere estar cerca del shotcrete fresco.
3. El sistema electro neumático aplicado al instalador de calibrador permitió reducir el número de accidentes, un 86% respecto a los meses previos a la implementación. Después de la implementación del sistema electro neumático, se redujeron los accidentes mensuales de tener al menos 1 accidente mensual a eliminar los accidentes.
4. La aplicación del diseño mecánico en el instalador de calibradores tuvo incidencia para definir las formas y diseños, mejor adaptados según la necesidad y aplicación en la máquina. Así también el diseño mecánico permitió definir el material del diseño del instalador y sus componentes, así como el proceso de fabricación, definiendo el más adecuado el mecanizado.
5. La elección e implementación del acoplamiento mecánico rígido, genero la unión del instalador con el Robot aplicador de concreto lanzado Putzmeister SPM 4210, de manera que la instalación del acoplamiento, cumplió adecuadamente la función de control de ingeniería de alejamiento del peligro del trabajador. Al estar acoplado el instalador al brazo permitió su movilización remota desde el control del brazo articulado.
6. Los elementos electro neumático usados permitió reducir las actividades manuales, la automatización del instalador de calibradores genero ventajas respecto a otros métodos de trabajo. Reducen el tiempo de exposición del trabajador en superficies

inestables, como resultado optimiza la actividad en materia de seguridad y salud ocupacional.

7. La implementación de los controles de Ingeniería, en la actividad de instalación de calibradores, permitió reducir el riesgo laboral, ya que el conjunto de controles de ingeniería usados en el instalador de calibradores, como un nuevo método de realizar el trabajo, da como resultado mejores indicadores de seguridad respecto al método manual usado anteriormente.

RECOMENDACIONES

1. La empresa debe programar capacitaciones respecto a la nueva forma de realizar la instalación de calibradores. Así como realizar la capacitación respecto al sistema electro neumático, ya que se debe verificar el buen funcionamiento, así como el mantenimiento respectivo.
2. Se recomienda hacer una evaluación de la eficiencia total de los controles implementados en la actividad de instalación de calibradores, respecto a otros métodos de trabajo que existen.
3. En la presente investigación se encontró que existen alternativas diferentes para realizar la actividad manteniendo el alejamiento a las superficies inestables. Las cuales se deberían evaluar para realizar una comparativa en precio y tiempo de exposición al personal.
4. Se recomienda realizar un análisis de costo-beneficio desde el punto de vista económico para sustentar la implementación de los controles.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- 024-DS-2016-EM -Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería. (2016).
024-DS-2016-EM. Lima, Lima, Perú.
- Arias, F. (2016). *Metodologia de Investigacion*.
- Arias, J. L., & Covinos, M. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación* (Primera ed.). Arequipa, Perú: Enfoques Consulting EIRL.
- Beltrán , R. (Noviembre de 2021). Obtenido de <https://revistamineria.com.pe/tecnico-cientifico/sistema-automatizado-para-el-uso-de-calibradores-en-sostenimiento-con-shotcrete-mecanizado-compania-de-minas-buenaventura---u.e>
- Beltran. (1995). *Metodologia de la Investigacion*.
- Bernal , C. (2010). Bernal , Cesar A. .; En C. A. Bernal, *Bernal , Cesar A. ;* (pág. 60).
- BROSS, M. (2022). Obtenido de VOLUMEN XXXIII Number 13 Linea de Fuego.
- Camarena Cosme, F. (2016). Optimizacion del sostenimiento con shotcrete via húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la produccion de lanzado de la E. Robocon S.A.C en la mina San Cristóbal - Cia Minera Volcan S.A.A .
Optimizacion del sostenimiento con shotcrete via húmeda con fines de minimizar costos y mejorar la produccion de lanzado de la E. Robocon S.A.C en la mina San Cristóbal - Cia Minera Volcan S.A.A . Lima, Peru.
- CARRILLO CHAVEZ, G. L. (2017). Propuesta de Prevención de Factores de Riesgos Químicos Mediante la Aplicación de Control de Ingeniería en la Faja Transportadora en la Empresa BBA Ingenieros S.A.C., Basado en el Uso de Filtros de Manga Tipo Pulse Jet, Arequipa, 2015. Arequipa, Perú.
- Creus Solé, A. (2007). Neumatica e Hidraulica. En A. Creus Solé, *Neumatica e Hidraulica* (págs. 17,18,19).
- Creus Solé, A. (2007). Neumatica e Hidraulica. En A. Creus Solé, *Neumatica e Hidraulica* (pág. 347).
- Cruz, E. C., & Salas Zeballos, V. R. (2021). Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo y la reduccion del Índice de riesgos Laborales en la empresa Niisa Corporation S.A. *Sistema de Seguridad y Salud en el Trabajo y la reduccion del Índice de riesgos Laborales en la empresa Niisa Corporation S.A.* Perú.

- Dürsteler, J. (2011). *Mapas Conceptuales*. Obtenido de http://biblioteca.formaciondocente.com.mx/13_MapasConeptuales/Mapas%20Conceptuales%20II.pdf
- Espinoza Salvadó, I. (2016). *Metodología de Investigación* .
- García Melo, J. (2004). Diseño en Ingeniería . En J. I. García Melo, *Diseño en Ingeniería* .
- Granada, U. d. (2007). *Dpto. Lenguajes y Sistemas informaticos*. Granada.
- Guerrero Davila, G. (2015). Metodología de la Investigación. En G. Guerrero Davila, *Metodología de la Investigación*.
- Gutiérrez Strauss, A. M. (2011). *Guía técnica para la exposición a factores ocupacional en el proceso de evaluación para la clasificación de enfermedades ocupacionales*.
- Hernández, Fernández, & Baptista. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- ISO 45001 *Sistemas de Gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. (2018).
- Jopia, V. Q. (2019). *Acoplamientos Mecánicos*.
- Lardiés, C. J., & Fernandez Cuello, A. (2015). *Criterios diseño de mecánico en tecnologías industriales* . Zaragoza.
- Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo 29783. (2013). *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo*.
- Mijailov , A., & Guilairavski, R. (1974). *Metodología de la Investigación*.
- Moreno, R., & Ruiz, A. (2016). *Recopilación Documental del Estado Actual del Ecosistema Altoandino*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4860/RuizRodriguezAngieJulieth2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ORTEGA, M. (2019). *VALORACION AMBIENTAL: PROYECTO DE EXPLOTACION PEQUEÑA MINERIA METÁLICA SANTA TERESA- "EL GRENCHON" COPEMINOC R.L* . Nicaragua.
- OSINERGMIN. (2017). La industria de la Minería en el Perú. 20 años de contribucion y desarrollo economico del pais. *OSINERGMIN* .

- Palacios Acero, L. (2009). Ingeniería de métodos: movimientos y tempos . En L. Palacios Acero, *Ingeniería de métodos: movimientos y tempos* (pág. 225). Bogotá.
- Paz, B. (2017). Metodología de la Investigación. En B. Paz, *Metodología de la Investigación*.
- Putzmeister. (2015). Ficha Técnica SPM4210. *Equipo robotizado para shotcrete*.
- Pye Chair, J., & Morgan, D. (2015). ACI Guide to Shotcrete . *ACI Guide to Shotcrete* . USA.
- Rojas, & Mertens. (2000). Metodología de la Investigación. *Metodología de la Investigación*.
- Salazar, L. E. (2019). Implementación de un Control de Ingeniería para la reducción del riesgo laboral de la actividad de la recuperación de Laminillo en una empresa Siderúrgica del Sur del País. *Implementación de un Control de Ingeniería para la reducción del riesgo laboral de la actividad de la recuperación de Laminillo en una empresa Siderúrgica del Sur del País*. Lima, Perú.
- Silva, F. V. (2011). *Manual de identificación de peligros y evaluación de riesgos*. Obtenido de <https://www.latecnicalf.com.ar/descargas/material/higieneyseguridad/Manual%20de%20identificacion%20de%20peligros%20y%20evaluacion%20de%20riesgos.pdf>
- Suarez Gil. (2011). *Metodología de la Investigación* .
- UNICON. (2013). Manual definitivo de control de shotcrete. *Manual definitivo de control de shotcrete*. Perú.
- Vásquez Cortés , J. (2016). Automatización Electroneumática. En J. Vásquez Cortés, *Automatización Electroneumática* (págs. 28,29). Bogota .
- Velandia, J. H., & Arévalo, N. (2013). De la salud ocupacional a la gestión de la seguridad y salud en el trabajo: más semántica, una transformación del sistema general de riesgos laborales. *Innovar v.23*.
- Ventura Silva, F. (2012). *Guía de identificación y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*.

Vértice, P. (2011). La evaluación de riesgos. En P. Vértice, *Prevención de riesgos laborales* (págs. 227,228). Málaga.

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

A continuación, se presenta la Matriz de Consistencia utilizada en la investigación del estudio. (Ver Tabla 28).

Tabla 28:
Matriz de Consistencia

c	Objetivos General	Hipótesis General	Variables Independiente	Indicador V.I.	Variables Dependiente	Indicador V.D.
¿Cómo reducir el riesgo laboral en la instalación de calibradores?	Implementar un control de Ingeniería para reducir el riesgo laboral en la instalación de calibradores.	La implementación de Controles de Ingeniería reducirá el riesgo laboral en la instalación de calibradores.	<i>Control de ingeniería</i>	--	<i>Riesgo laboral en la instalación de calibradores</i>	--
Problemas Especifico	Objetivos Especificos	Hipótesis Especificas				
¿Cómo reducir el nivel de riesgo en la instalación de calibradores?	Implementar el diseño Mecánico al instalador de calibradores, para reducir el nivel de riesgo en la instalación de calibradores.	Si se implementa el diseño Mecánico al instalador de calibradores, entonces se reducirá el nivel de riesgo en la instalación de calibradores.	Diseño Mecánico al instalador de calibradores	SI/NO	Nivel de Riesgo	Valor de Riesgo Promedio
¿Cómo reducir el tiempo de exposición en la instalación de Calibradores?	Implementar un sistema de acoplamiento al Instalador de Calibradores para reducir el tiempo de exposición.	Si se implementa un acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores se reducirá el tiempo de exposición al riesgo en la instalación de calibradores.	Acoplamiento Mecánico al Instalador de Calibradores	SI/NO	Tiempo de exposición al riesgo	Tiempo de exposición promedio por cada calibrador
¿Cómo reducir los accidentes en la instalación de Calibradores?	Implementar un sistema de control electro neumático para reducir los accidentes en la instalación de calibradores.	Si se implementa un sistema electro neumático entonces se reducirá los accidentes en la instalación de calibradores.	Sistema electro neumático	SI/NO	Accidentes	n° de accidentes

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 02: Matriz de Operacionalización

A continuación, se presenta la Matriz de Operacionalización utilizada en la investigación del estudio. (Ver Tabla 29).

Tabla 29:
Matriz de Operacionalización

Variable Independiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Diseño Mecánico	SI/NO	Menciona sobre el diseño mecánico que “El ejercicio de diseño mecánico se basa en el criterio que adopte el propio diseñador para estimar hasta dónde es válido su producto. Desde el punto de vista mecánico, lo más común es aplicar el concepto de resistencia de un elemento. (Lardiés & Fernandez Cuello, 2015)	El diseño mecánico consiste en diagrama una idea plasmada en un dibujo y mecanizado. El diseño mecánico está orientado a encontrar funcionamientos mecánicos.
Acoplamiento Mecánico	SI/NO	Los acoplamientos tienen por función prolongar líneas de transmisión de ejes o conectar tramos de diferentes ejes, estén o no alineados entre sí. Si dos ejes se pudieran alinear perfectamente, podrían ser conectados con dos cubos con bridas o pernos. (Jopia, 2019)	Los acoplamientos son elementos que permiten alargar líneas de transmisión fijas o móviles, según la demanda.
Sistema Electroneumático	SI/NO	Es el área formada por la interacción entre la electricidad y la mecánica. El elemento principal de esta técnica es el relé. El relé está constituido por una bobina que al ser activada por medio de una señal (voltaje) abre o cierra unos contactos, que están anclados a una armadura a través de un muelle, produciendo de esta forma una señal de salida. (Vásquez Cortés, 2016)	El electro neumático es la utilización de elementos eléctricos y neumáticos, para la realización de actividades mecánicas.
Variable Dependiente	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional
Nivel de Riesgo	Valor de Riesgo Promedio	La evaluación de riesgos es uno de los instrumentos más importantes en la actuación preventiva. Es el proceso dirigido a estimar la magnitud, o peligrosidad de crear daño, de los riesgos que no hayan podido evitarse. (Vértice, 2011)	El nivel de riesgo es la que se da producto de la probabilidad que un peligro se materialice y la severidad de daño que puede causar.
Tiempo de exposición	Tiempo de exposición promedio por cada calibrador	Consiste en determinar el tiempo para realizar un trabajo especificado por una persona calificada, trabajando a una marcha normal. (Palacios Acero, 2009)	Es la medición del tiempo en realizar una actividad identificada y teniendo en cuenta sus riesgos.
Accidentes	n° de accidentes	Una medición que combina el índice de frecuencia de lesiones con tiempo perdido (IF) y el índice de severidad de lesiones (IS), como un medio de clasificar a las empresas mineras. Es el producto del valor del índice de frecuencia por el índice de severidad dividido entre 1000. (024-DS-2016-EM - Reglamento de Seguridad y Salud ocupacional en Minería, 2016)	Es el registro de accidentes identificados y registrados, siendo los accidentes e incidentes en sus diversas formas según la gravedad de los mismos.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 03: Autorización de consentimiento para realizar la investigación

A continuación, se muestra el formato de autorización para realizar la investigación.



Lima, 8 de noviembre del 2022

Estimados,

Mediante la presente, autorizamos al Sr. Bachiller Bruss Jordan Villa Meza, a fin de que pueda los datos, figuras o fotografías de la empresa para la elaboración de su tesis. La única información que es restringida, es respecto a detalles de los planos o programas desarrollados en las instalaciones de la empresa.

Sin otro particular me despido,

Atentamente,



Liberato Villa Romero
GERENTE GENERAL

info@inpecon.com
www.inpecon.com

