

**Propuesta de implementación de dispositivos de seguridad en máquina selladora de
empaques ZENER 01**

**Propuesta de implementación de dispositivos de seguridad basado en la instalación
de sensores de blanking fijo y blanking flotante en máquina selladora de empaques
ZENER 01, en una empresa del sector de plástico ubicada en Medellín, Colombia.**

Santiago López Muñoz, Diana Carolina Méndez Casadiego .

Escuela Colombiana de Carreras Industriales

ECCI

Notas de autor:

Diana Carolina Méndez Casadiego : Médica de la universidad de ciencias aplicadas y
ambientales UDCA , Bogotá. Colombia. Estudiante de especialización en seguridad y
salud en el trabajo.

Santiago López Muñoz: Ingeniero Mecánico de la universidad Pontifica Bolivariana. Medellín. Colombia. Experto en el sector industrial con un enfoque en Riesgo Mecánico, energías peligrosas e izaje de carga. Estudiante de especialización en seguridad y salud en el trabajo.

Propuesta de implementación de dispositivos de seguridad basado en la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante en máquina selladora de empaques ZENER 01, en una empresa del sector de plástico ubicada en Medellín, Colombia.

Santiago López Muñoz, Diana Carolina Méndez Casadiego .

Noviembre 2021.

Escuela Colombiana de Carreras Industriales

ECCI

Bogotá D.C.

Seminario de investigación

Copyright © 2015 por Santiago López Muñoz & Diana Carolina Méndez

Casadiego. Todos los derechos reservados.

Tabla de Contenidos

Lista de tablas	6
Lista de figuras.....	7
Resumen.....	8
Palabras clave.....	9
Glosario	9
Abstract	11
Introducción	12
1. Título.....	14
2. Planteamiento del problema.....	14
2.1 Descripción del problema	14
2.2 Pregunta de investigación	17
3. Objetivos	17
3.1 Objetivo general.....	17
3.2 Objetivos específicos	17
4. Justificación y delimitación	18
4.1 Justificación	18
4.2 Delimitación de la investigación.....	21
4.3 Limitaciones.....	21
5. Marcos de referencia.....	22

5.1	Estado del arte.....	22
5.2	Marco teórico	34
5.3	Marco legal	46
5.3.1	Decreto 1072 de 2015 Libro 2, Parte 2, Titulo 4, Capitulo 6	46
5.3.2	Resolución 2400 entre los Artículos 266 al 447.....	47
5.3.3	Norma internacional ISO 12100.....	48
6.	Marco metodológico	49
6.1	Paradigma	49
6.2	Diseño	50
6.2.1	Tipo de investigación.....	51
6.3	Población.....	51
6.4	Muestra	52
6.5	Instrumentos.....	52
6.6	Técnicas de análisis de datos	55
6.7	Fases de la investigación.....	57
6.8	Cronograma.....	60
6.9	Presupuesto	60
7.	Resultados	61
7.1	Diagnostico de riesgo mecánico	61
7.2	Matriz accidentalidad de la empresa del sector del plástico	69
8.	Análisis de resultados	79

9. Conclusiones y recomendaciones	81
9.1 Conclusiones	81
9.2 Recomendaciones	83
Lista de referencias	85
Anexos	90

Lista de tablas

Tabla 1 Costos recurso humano.....	60
Tabla 2 Costos recurso físico.....	61
Tabla 3. Ausentismo 2018	69
Tabla 4 Salario promedio entre 2018 y 2020 área sellado.....	71
Tabla 5 Costo e impacto asociado a la accidentalidad por atrapamiento en 2018.....	71
Tabla 6 Ausentismo 2019	72
Tabla 7 Costo e impacto asociado a la accidentalidad por atrapamiento en 2019.....	74
Tabla 8 Ausentismo 2020	74
Tabla 9 Costo e impacto asociado a la accidentalidad por atrapamiento en 2020.....	76

Lista de figuras

Ilustración 1. Identificación de hallazgos diagnóstico riesgo mecánico	53
Ilustración 2 Calificación de hallazgos diagnostico riesgo mecánico	53
Ilustración 3 Metodología calificación ISO 13849	55
Ilustración 4 Cronograma de actividades.....	60
Ilustración 5 Máquina ZENER 01	62
Ilustración 6 Diagnostico riesgo mecánico máquina ZENER 01	62
Ilustración 7 Porcentaje población afectada por accidentalidad 2018	70
Ilustración 8 Porcentaje población afectada por accidentalidad 2019	73
Ilustración 9 Porcentaje población afectada por accidentalidad 2020	75
Ilustración 10 Cotización sensores para máquina ZENER 01	77

Resumen

En el desarrollo del presente trabajo se realiza una propuesta de implementación de dispositivos de seguridad basado en la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante en máquina selladora de empaques ZENER 01, en una empresa del sector del plástico ubicada en Medellín, Colombia, en la cual se realiza una inspección de riesgo mecánico basado en la metodología de la norma ISO 13849 , con el objetivo de identificar las condiciones de operación del equipo y poder visualizar la criticidad del equipo en función del riesgo de atrapamiento mediante el resultado de la calificación de la norma.

Se realiza una identificación de la matriz de accidentalidad de la empresa del sector del plástico con un enfoque en la máquina ZENER 01, con la intención de determinar número de personas afectadas por eventos asociados al riesgo de atrapamiento e identificar el porcentaje de la población afectada en la salud y adicionalmente se visualiza el número de días de incapacidad como producto de la accidentalidad en los años 2018, 2019 y 2020 para cuantificar dichos tiempos en dinero de acuerdo a los puestos de trabajado de cada uno de los afectados.

Se efectúa cotización de la adquisición de barreras ópticas o sensores de blanking fijo y flotante para realizar una comparación económica entre el costo de los elementos de seguridad y el costo de la accidentalidad, lo cual arrojo como resultado que la empresa percibe costos más elevados al no tener sistemas de seguridad en maquina ya que la accidentalidad sobrepaso en costos el valor de los sensores, los cuales eliminarían la accidentalidad y el ausentismo que se traduce en disminución de costos.

Palabras clave

Riesgo mecánico, atrapamiento, norma ISO 13849, barreras ópticas de seguridad, Blanking fijo y flotante, seguridad en maquina y Maquina

Glosario

Riesgo mecánico: Es el conjunto de elementos que pueden dar lugar a una lesión por e l contacto con energía evidenciada a través de elementos tales como partes que estén en movimiento, herramientas, piezas a t r a b a j a r o m a t e r i a l e s proyectados, sólidos o fluidos. (ARL SURA, 2012)

Atrapamiento: Situación que se presenta cuando una persona o parte de su cuerpo es enganchada o aprisionada por mecanismos de las máquinas, entre objetos, piezas o materiales. (ARL SURA, 2021)

Norma ISO 13849: Norma que proporciona los requisitos de seguridad y orientaciones sobre los principios para el diseño e integración de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad, incluyendo el diseño del soporte lógico. (AENOR, 2016)

Barreras ópticas de seguridad: Elemento de seguridad inmerso en una carcasa con un reflector posicionado en el lado opuesto, generando un área de detección con una anchura y altura consistentes en todo el rango de detección, la cual, cuando los haces de luz del área

de detección son interrumpidos por un objeto se dispara la función de conmutación y detienen el equipo donde se encuentren instaladas. (PEPPERL-FUCHS, 2021)

Blanking fijo y flotante: blanking fijo es un sistema que desactiva una zona fija de la cortina fotoeléctrica de seguridad y el objeto o producto no puede moverse dentro de la zona peligrosa, el blanking flotante consiste en cegar un número determinado de haces o varias zonas y el producto puede moverse dentro de la zona peligrosa, es decir, no ha de interrumpir en todo momento todos los haces cegados (PLIZ, 2021)

Seguridad en maquina: Concepto asociado al propósito básico de resguardar las máquinas con el objetivo de proteger y prevenir el personal de lesiones como consecuencia de contacto directo con las partes móviles de una máquina, falla mecánica, falla eléctrica y falla humana a causa de curiosidad, celo, distracción, fatiga, indolencia, preocupación, enojo, enfermedad y temeridad deliberada. (UNICEN, 2021)

Maquina Zener: Maquinas selladoras compuestas por rodillos jaladores, pisadores y selladores, las cuales tiene como función realizar sellado térmico y corte de empaques plásticos (Santiago López Muñoz, 2021)

Abstract

In the development of this work a proposal for implementation of safety devices based on the installation of fixed blanking sensors and floating blanking in packaging sealing machine zener 01, in the company about plastic located in medellin, Colombia, in which a mechanical risk inspection is performed based on the methodology of iso 13849, In order to identify the operating conditions of the equipment and be able to visualize the criticality of the equipment in function of the risk of entrapment through the result of the rating of the standard.

An identification is made of the accident matrix of the company about plastic with a focus on the zener 01 machine, in order to determine the number of people affected by events associated with the risk of entrapment and identify the percentage of the population affected in health and additionally the number of days of disability as a result of the accident in 2018 is displayed, 2019 and 2020 to quantify these times in money according to the jobs of each affected.

A quote is made for the purchase of fixed and floating blanking optical barriers or sensors to make an economic comparison between the cost of security features and the cost of the accident, which results in the company charging higher costs by not having safety systems in machinery since the accident

Introducción

A nivel organizacional desde la gerencia general, las áreas de producción, mantenimiento y por supuesto Seguridad y Salud en el trabajo, el concepto de balance entre el proceso productivo, el cuidado del recurso humano y la seguridad en máquina, ha tomado gran fuerza teniendo como el pilar fundamental más importante la importancia del recurso humano adicional a el análisis que realizan las organizaciones en función de los costos que vienen asociados a los accidentes de trabajo a las compañías.

Adicionalmente se cuenta con normatividad que ha servido a las Compañías como insumo para guiar desde el punto de vista técnico, en función de los requerimientos necesarios para realizar instalaciones de dispositivos de seguridad en máquina, como es la norma ISO 13849-1, la cual indica:

Requisitos de seguridad y orientación sobre los principios para el diseño e integración de partes de sistemas de control relacionadas con la seguridad (SRP / CS), incluido el diseño de software. Para estas partes de SRP / CS, especifica características que incluyen el nivel de desempeño requerido para llevar a cabo funciones de seguridad. Se aplica a SRP / CS para alta demanda y modo continuo, independientemente del tipo de tecnología y energía utilizada (eléctrica, hidráulica, neumática, mecánica, etc.), para todo tipo de maquinaria.(ISO Organization for Standardization, 2015)

Por lo anterior y debido a la presencia de diferentes opciones para realizar intervención en seguridad en máquinas para prevenir accidentalidad, se desarrolla el presente trabajo de investigación, el cual desarrollara una propuesta de implementación de sistemas de seguridad en máquina basado en la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante con el fin de realizar una reducción de la accidentalidad asociada al riesgo de atrapamiento y a su vez con el propósito de decrecer los sobrecostos que estos eventos producen en las compañías.

Este trabajo también será de gran impacto a nivel del sector del plástico, en donde podrán tomar como referente la propuesta entregada en esta investigación debido a la oferta tecnológica inmersa en el desarrollo del proyecto, la cual permitirá tener un balance perfecto entre seguridad y producción en las empresas.

1. Título

Propuesta de implementación de dispositivos de seguridad basado en la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante en máquina selladora de empaques ZENER 01, en una empresa del sector de plástico ubicada en Medellín, Colombia.

2. Planteamiento del problema

2.1 Descripción del problema

La industria del sector del plástico se caracteriza por la presencia de máquinas donde se presentan diferentes tipos de elementos mecánicos totalmente expuestos por la antigüedad de los equipos, los cuales pueden dar lugar a accidentes asociados a Riesgo mecánico especialmente enfocado al peligro de atrapamiento, el cual según (SUPERINTENDENCIA DE RIESGO DEL TRABAJO, 2016) lo definen como el evento que se produce cuando una persona o parte de su cuerpo sufre un aprisionamiento como causa del contacto directo con un elemento móvil de una máquina.

Actualmente existen diferentes formas de atacar o promover la eliminación de los accidentes de trabajo asociados al peligro de atrapamiento, sin embargo, existe un orden lógico de intervención en el cual primero se debe realizar una intervención en la fuente, posteriormente se debe ejecutar un impacto sobre el ambiente y finalmente la intervención en el trabajador u operario.

Teniendo en cuenta el orden lógico descrito anteriormente, es fundamental intervenir la fuente o máquina por medio de soluciones de ingeniería, las cuales permitan mantener el ritmo adecuado y estimado de producción y adicionalmente que ejerzan un control sobre la seguridad de los empleados que manipulan el equipo con las siguientes características:

“Garantizar que las máquinas, equipos y herramientas cuenten con dispositivos de seguridad (sistema de protección) o guardas en sus sistemas de transmisión de fuerza, ejes y mecanismos móviles, que impidan el acceso de las personas o parte de su cuerpo a la zona o punto de contacto” (ARL SURA, 2019, P.1)

Actualmente la empresa del sector del plástico cuenta con 10 máquinas ZENER en su centro de trabajo, en las cuales se presenta una exposición permanente y directa de rodillos pisadores y módulos de arrastre de material de empaque con el personal operativo ya que el personal realiza intromisiones de miembros superiores a la máquina en movimiento, cuando se realiza el proceso de enhebrado de producto o cuando se presenta un atranque de material, adicionalmente la máquina no cuenta con condiciones de seguridad ya que en el momento de la adquisición de los equipos dicha maquinaria no contaba con ningún tipo de protección y en función del tiempo la compañía no ha decidido impactar desde el aspecto de seguridad en máquinas selladoras ZENER.

De acuerdo a los altos niveles de exposición en los últimos años y a las condiciones de seguridad en maquinaria presentadas en la Compañía por falta de sensores y dispositivos de protección se ha generado un alto índice de accidentalidad directamente asociada al área de sellado donde se encuentran las máquinas selladoras ZENER, lo cual se ha traducido en deterioro importante del recurso humano, se relaciona directamente con afectaciones al operario y a su núcleo familiar. Adicionalmente se presenta un impacto económico importante para la compañía en función del pago de incapacidades secundarias a accidentes laborales, gran impacto al parar la producción, horas extras de trabajadores en reemplazo de aquellos que han resultado lesionados e índices no deseados de accidentalidad, lo cual genera sobrecostos elevados.

Según (CLIMACO BOTERO, 2021) quien se desempeña en el cargo de jefe de SST de la empresa del sector del plástico, la accidentalidad asociada al área de sellado donde se encuentran ubicadas las máquinas ZENER se caracteriza por ser la zona de la Compañía que más impacta sobre el total de accidentes laborales, generando un 28% sobre el indicador total de eventos, como se evidenció en el año 2020 donde se presentaron 16 eventos asociados a atrapamiento, razón por la cual se presenta la necesidad de realizar una intervención urgente para disminuir la accidentalidad por atrapamiento con las máquinas ZENER.

2.2 Pregunta de investigación

¿Cómo se puede disminuir la accidentalidad en máquinas selladoras ZENER con la integración y utilización de sistemas y dispositivos de seguridad con el fin de impactar positivamente el bienestar del operario, la producción y la economía de la empresa del sector del plástico?

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer la implementación de dispositivos de seguridad basado en la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante en máquina selladora de empaque Zener 01, para disminuir la accidentalidad y sus costos asociados en una compañía del sector del plástico

3.2 Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico de riesgo mecánico en máquina ZENER 01 de la empresa del sector del plástico por medio de una inspección en campo utilizando metodología ISO 13849 con el fin de identificar los puntos críticos de atrapamiento en el equipo que generan la accidentalidad.

- Identificar indicadores de accidentalidad en la empresa del sector del plástico en los últimos 3 años por medio de la matriz de accidentalidad en el área de sellado en la máquina ZENER 01, que definan y caractericen los impactos en la salud del recurso humano como consecuencia de los eventos por atrapamiento y justifiquen la importancia de la instalación de dispositivos de seguridad en la máquina ZENER.
- Identificar tiempos de ausentismo asociados a eventos de atrapamiento por medio del análisis en la matriz de accidentalidad definiendo cuantitativamente los impactos económicos que genera para la Compañía la accidentalidad por atrapamiento en la máquina ZENER 01 por la ausencia de dispositivos de seguridad.
- Definir el costo de la implementación de sensores de blanking fijo y flotante en la máquina ZENER 01 por medio de cotizaciones de proveedores especializados donde se identifique el valor total de la ejecución del proyecto, demostrar el costo beneficio de la implementación de los sensores y proponer la implementación de estos dispositivos de seguridad.

4. Justificación y delimitación

4.1 Justificación

Los sistemas de seguridad en máquina habitualmente son interpretados a nivel industrial como factores que permiten garantizar condiciones de seguridad pero que entorpecen el

proceso de producción debido a la perturbación de espacios productivos en las máquinas cuando se realizan sus respectivas aplicaciones o a la falta de contextualización del proceso en el momento de realizar la instalación de los mismos, sin embargo el presente trabajo se enfoca en garantizar la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante con la finalidad de aportar un dispositivo de seguridad que elimine el riesgo de atrapamiento cuando el personal presente la intención de tener un contacto directo con los elementos mecánicos de las selladora ZENER y adicionalmente que el dispositivos de seguridad solo se detenga bajo la presencia de la intromisión humana y nunca bajo la presencia de material de producción, por lo tanto se garantizara seguridad en máquina en función del operario, producción constante sin obstáculos ni barreras que la entorpezcan y adicionalmente se propone una idea tecnológica muy conveniente para el sector industrial del plástico, la cual puede ser la base de nuevas aplicaciones de seguridad en máquinas de sellado y de estructura para nuevas investigaciones futuras relacionadas con sistemas de seguridad en máquinas.

Actualmente el atrapamiento es uno de los factores más importantes que inquietan el área de SST dentro de la organización sector del plástico y a la Gerencia, debido a su gran impacto dentro de la matriz de accidentalidad y a los costos asociados que dicho factor implica, por tal motivo la investigación relacionada a la disminución y/o eliminación de dicho peligro se convierte en un instrumento o herramienta con la cual se pretende impactar

directamente las máquinas selladoras ZENER, siendo estas la fuente generadora de la mayor accidentalidad en la Compañía.

El recurso humano es de vital importancia dentro de las organizaciones, por tal motivo es fundamental visualizarlo como un factor global donde se involucre su entorno familiar e individual, el cual se verá directamente afectado cuando se presenta un accidente de trabajo, por tal motivo la implementación de una propuesta asociada a la instalación de sistemas de seguridad en máquina genera un parte de tranquilidad y seguridad en el operario, pero adicionalmente en todos sus vínculos socio afectivos, lo que implica que la presente investigación genera un impacto directo en empleados, su círculo familiar y la Empresa en general.

La presencia de sistemas de seguridad inmersos en las máquinas ZENER supone la eliminación del atrapamiento y la generación de confianza en el personal operativo, garantizando una condición adecuada de seguridad y estableciendo los parámetros correctos de trabajo, adicionalmente permitiendo que el área de SST asuma el control directo sobre la accidentalidad, lo cual se reflejará directamente en la disminución de eventos por atrapamiento en la matriz de accidentalidad e impactará directamente a la compañía en una disminución de costos referentes a incapacidades y horas extras asociadas a los eventos laborales relacionados con este factor.

4.2 Delimitación de la investigación

La presente investigación se realizará en el periodo de tiempo comprendido entre el mes de junio del año 2021 y el mes de diciembre del mismo año, el alcance del presente trabajo se enmarca en entregar una propuesta de implementación de sistemas de seguridad en máquinas Zener a la empresa del sector del plástico, basada en la instalación de sensores de blanking fijo y blanking flotante, con el fin de disminuir la accidentalidad por atrapamiento y los costos asociados que esta implica.

La propuesta entregada será un insumo o herramienta que la empresa podrá integrar a sus procesos productivos después de terminar el proyecto de investigación si así lo requiere.

4.3 Limitaciones

Las limitaciones para el desarrollo del trabajo son el acceso a la información de parte de la Empresa y los reportes de accidentalidad de la ARL, puesto que es información confidencial que puede llegar a ser difícil de conseguir.

Adicionalmente por la situación actual de pandemia, el desplazamiento a la empresa para evaluar las condiciones de las máquinas puede no ser posible y esto impediría obtener información importante para la consecución de los objetivos.

Por otra parte, las limitaciones asociadas a la realización del proyecto están directamente ligadas a la parte económica en función de la inversión que debe realizar la empresa COLOMBIA PLASTICO S.A en la adquisición de sensores blanking fijo y blanking flotante para ser instalados en las 10 máquinas ZENER, lo cual implica un valor bastante importante teniendo en cuenta el número de equipos a intervenir después de la realización de la propuesta, la cual se enfocara específicamente en la maquina ZENER 01.

Adicionalmente desde el punto de vista tecnológico se puede presentar un gran desafío en la instalación de los dispositivos de seguridad, ya que las máquinas intervenidas presentan una tecnología muy antigua y los sensores propuestos manejan sistemas mucho más avanzados, sin embargo, dicho factor no impedirá el buen fin de la presente investigación, pero si pueden afectar el costo de la implementación.

5. Marcos de referencia

5.1 Estado del arte

Para obtener información necesaria para el desarrollo del presente proyecto se ejecuta una profundización en estudios asociados a la intervención de maquinaria en función de la seguridad industrial con el fin de obtener los datos más recientes que permitan direccionar de forma correcta el trabajo de grado en desarrollo.

Gracias al análisis ejecutado, se identifica la necesidad a nivel mundial y nacional por realizar intervenciones en seguridad en las máquinas asociadas a procesos industriales con el fin de incursionar en automatización, aumentar producción y garantizar la seguridad del personal operativo.

A nivel mundial se han realizado diferentes proyectos asociados al ámbito industrial sobre todo en rediseños de máquinas que han sido diseñadas con tecnologías antiguas.

Para el año 2018, realizaron en la Universidad de Sevilla el estudio sobre la intervención enfocada a seguridad en máquina en una célula de fabricación flexible, la cual, estaba conformada por un circuito de cinco cintas o bandas transportadoras donde se depositan bandejas, las mismas que serían almacenadas o extraídas de un alimentador previsto sobre una de las cintas transportadoras. Dadas las condiciones mecánicas del equipo identificaron la necesidad de realizar una modificación en el diseño de la máquina con el fin de eliminar la posibilidad de que se presentara riesgo de atrapamiento, el cual estaba directamente asociado a la intervención del personal con las bandas transportadoras. De acuerdo a las condiciones de la máquina estudiada deciden estructurar el diseño de 15 tapices o tapetes de seguridad con unas medidas de 500 x 500 mm y de 750 x 500 mm, los cuales estarían estratégicamente ubicados para garantizar que en el momento de que los usuarios de la máquina intentaran acercarse, inmediatamente tuvieran la necesidad de pisar los tapetes y como consecuencia se presentara la detención de la máquina, evitando así el contacto

directo entre las personas y las bandas transportadoras en movimiento. Como resultado obtuvieron la eliminación de los riesgos y peligros que atentaban en contra de la salud del usuario.(Solis cordova, 2018)

Es importante acotar que los tapetes de seguridad son una herramienta bastante contundente en eliminación de riesgos y peligros asociados al factor de atrapamiento, pero cuentan con una limitante bastante complicada para las compañías y es el tema del espacio que abarcan en las plantas industriales, por tal motivo no es una solución tan practica a la hora de realizar su implementación

En Ecuador, desarrollan el diseño de un programa de gestión técnica del riesgo mecánico para mejorar las condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional del proceso productivo en el área de molinos de la empresa grupo familia debido a la presencia de alto grado de accidentalidad asociada al atrapamiento en máquinas. La matriz de peligro asociada al área de Molinos fue el primer insumo adquirido para poder identificar el riesgo de atrapamiento en las máquinas y las condiciones actuales de los equipos asociados al área, posteriormente realizaron una comparación del estado actual de las guardas con respecto a la normativa ISO 13857:2008, la cual indica las distancias de seguridad que deben tener las guardas de seguridad y finalmente identificaron las necesidades de intervención en guardas con el propósito de cumplir con las condiciones de seguridad necesarias para poder tener dispositivos de seguridad que permitan eliminar el factor de

atrapamiento. Dados los alcances de la investigación lograron identificar que el 40% de los puntos de atrapamiento no contaban con los resguardos de seguridad necesarios para evitar el peligro o en otros casos se presentaban guardas con diseños inadecuados ya que permitían realizar intromisiones a los sistemas mecánicos. Finalmente obtuvieron como resultado la necesidad de instalar guardas en los equipos del área de molinos bajo los parámetros de la normatividad ISO 13857:2008 con el fin de garantizar la correcta instalación de los dispositivos de seguridad en máquina y poder eliminar o controlar el riesgo de atrapamiento.(Velásquez Valdivieso, 2018)

La instalación de guardas bajo la normatividad ISO13857:2008 implica agregar una confiabilidad técnica a la instalación de los resguardos, lo cual sugiere una repercusión desde el punto de seguridad industrial y el concepto técnico enfocado a la naturaleza mecánica de las máquinas en las cuales se realiza la intervención, permitiendo tener una visión global del concepto de seguridad y productividad.

En la Universidad Técnica de Ambato se realiza una investigación relacionada con los riesgos mecánicos y su incidencia en los accidentes por atrapamiento y aplastamiento en la empresa FUNDIMEGAS S.A, el cual tuvo como objetivo evaluar los factores de riesgo mecánico y su incidencia en los accidentes con el fin de ejecutar medidas preventivas, correctivas en maquinaria y a nivel del personal que permitieran solucionar la problemática asociada con la accidentalidad. Para adquirir esta información se determinaron los accidentes por atrapamiento y aplastamiento de acuerdo a la información de la compañía,

adicionalmente utilizaron la Resolución CD 390 de acuerdo con el REGLAMENTO DEL SEGURO GENERAL DE RIESGOS DEL TRABAJO EN ECUADOR para realizar el cálculo de índices reactivos en la empresa y posteriormente realizaron la evaluación del grado de peligrosidad de los riesgos de origen mecánico por puesto de trabajo en la planta de producción según la metodología William Fine, evidenciando los factores de riesgo de origen mecánico intolerables, los cuales se asociaban directamente con el atrapamientos y aplastamiento en corte, taladrado, troquelado, fresado y torneado. Dados los resultados se concluyó la necesidad de ejecutar la instalación de dispositivos como son guardas de protección, dispositivos de seguridad, procedimientos para arranque y paro de maquinaria fija de forma segura.(Ureña Aguirre, 2015)

En Chile, se ejecuta un proyecto de modificación de sistema de protección para máquina cigarrera, el cual se basa en el desarrollado de una defensa para el sector de “empalmes de bobinas de papel boquilla” en el sector “MAX” de las máquinas en mención. La investigación identifica las falencias del sector en cuanto a los aspectos de seguridad en función de las máquinas cigarreras para posteriormente poder implementar un sistema que lograra cumplir las funciones de protección en cada una de las partes que componían el equipo o el sistema en general, garantizando la seguridad en máquina. Como resultado se logró la instalación de una guarda perimetral en policarbonato en los dispositivos generadores de riesgo en la máquina cigarrera.(Farías Garrido, 2018)

La presencia de dispositivos de seguridad en maquinaria no implica una correcta gestión del riesgo, ya que en muchas ocasiones dichos elementos no están diseñados adecuadamente y por tal motivo generan oportunidades de intromisión por parte del operario hacia algunos elementos mecánicos, por tal motivo es de vital importancia la evaluación permanente de los elementos de seguridad en máquina con el objetivo de identificar posibles falencias que den lugar al mejoramiento continuo y poder así garantizar de forma permanente el concepto de seguridad en máquina.

Por otra parte, en la Universidad de Guayaquil en Ecuador, realizan una investigación directamente relacionada con el desarrollo de seguridad en máquinas, la cual se enfoca en la creación de un prototipo de banco de prueba de automatización para la implantación de seguridad en máquinas en líneas de proceso industrial aplicando la norma ISO 13849-1, el cual estuvo basado en 3 componentes fundamentales para la creación del prototipo. Inicialmente realizaron una evaluación de los componentes que serían introducidos al banco de prueba con el objetivo de comprobar la funcionalidad de dichos elementos en el equipo, posteriormente realizaron el código de lógica de automatización por medio del cual controlarían el comportamiento de la máquina y finalmente realizaron la construcción del banco de prueba, el cual fue elaborado bajo algunas aplicaciones de prevención de accidentes asociadas a la norma ISO 13849-1, la cual tiene como objetivo proveer las directrices para el diseño de sistemas de mando relativos a la seguridad para las máquinas. Como resultado obtuvieron la creación de un banco de pruebas con elementos de seguridad

bajo la norma 13849-1 como son sensores tipo cortinas , sensores muting, sensor laser, sensor de tracción, sensor RFI, pulsadores y paros de emergencia, , los cuales garantizan la eliminación de la exposición del personal operario a situaciones que puedan implicar accidentalidad y por tal motivo se garantiza la condición segura, adicionalmente se obtuvo un código para garantizar el buen funcionamiento y un manual de usuario del equipo y sus elementos relacionados.(Pérez Avegno & Reinoso Zamora, 2018)

Dicho estudio expresa la posibilidad de presentar el concepto de automatización directamente ligado al concepto de seguridad en máquina, permitiendo observar un enfoque integrado entre automatización en relación con producción y aplicación de la normativa ISO 13849-1 enfocada a la seguridad en máquina, lo cual hace de este proyecto un referente importante para el sector industrial en función de la automatización de procesos.

Actualmente en Colombia se han presentado aportes importantes a nivel de intervención en maquinaria en relación con la seguridad de los equipos, con la intención de realizar un impacto en la disminución de la accidentalidad, pero también con un enfoque en el concepto de productividad.

Para el año 2016 se presenta una investigación asociada a diseño de Sistema de Seguridad para Máquinas Automáticas de Aplicación de Insumos de confección y Marroquinería.

Teniendo en cuenta la accidentalidad que se presenta en los operarios por falta de condiciones de seguridad en los equipos asociados a la industria de la confección, el dispositivo de seguridad está compuesto por un sistema de adquisición por visión artificial y por el desarrollo de un algoritmo que detecte la presencia de las manos por medio del color de la piel, analizando el espacio de color YCbCr y luego por medio de un filtro de Kalman extendido mejorar la detección y estimado de la posición de la mano, garantizando que la máquina no se accione en el momento de detectar la presencia de las manos en la zona de peligro de la máquina. Como resultado se obtuvo un dispositivo con la capacidad de realizar un reconocimiento de las manos en las áreas de alto riesgo por medio de la identificación de piel, el cual es capaz de detener la máquina en caso de riesgo de atrapamiento y evitar la accidentalidad.(Bonilla Giraldo, 2016)

La inmersión de elementos electrónicos asociados a las barreras de protección cumplen un papel fundamental en la prevención de riesgo que tienen que ver con atrapamiento, ya que no implican ningún tipo de barrera física en las máquinas, lo cual permite un optimización de espacios en los equipos y adicionalmente no obstaculiza los procesos de producción, por tal motivo se ubican como las soluciones más optimas a nivel de control pero con un falencia muy grande, la cual está relacionada con los altos costos para las organizaciones, por tal motivo, no son tan utilizados a nivel industrial.

En la ciudad de Valledupar Colombia, realizaron una investigación directamente asociada a encontrar la forma de minimizar y evitar las posibles intromisiones del personal y eliminar los riesgos extremos en el área de embalaje y llenado e la fábrica DPA VALLEDUPAR. Se realizó clasificación y recolección de las tareas realizadas por el personal operativo en la línea del área de llenado y embalaje, posteriormente se ejecutó la implementación de la matriz de modos de accesibilidad y riesgos presentes en cada una de las tareas del personal operativo en la línea del área de llenado y embalaje y finalmente propusieron posibles soluciones para minimizar los modos de accesibilidad y riesgos extremos presentes en las tareas del personal operativo en la línea. Como resultado obtuvieron la necesidad de intervenir la máquina volteadora de totes y Zaranda desde el diseño de ingeniería por medio de guardas fijas y móviles con enclavamiento, con el fin de no permitir la apertura de los resguardos hasta que la máquina no se detenga completamente. (Gonzalez, 2016)

Actualmente se presentan intervenciones de ingeniería a nivel industrial con el fin de garantizar el cuidado del trabajador, teniendo en cuenta que en algunos momentos se pueden presentar comportamiento inseguros, por tal motivo la presencia de guardas enclavadas con micro switches permiten garantizar que la maquinaria solo permitirá la extracción o retiro de los resguardos de seguridad cuando la máquina está completamente detenida y no permitirá el arranque de la misma cuando las guardas no estén completamente

cerradas, lo cual posiciona a las guardas de seguridad como un elemento óptimo de protección del personal y de la seguridad de los procesos en general.

En el 2017 en Pereira Colombia abarcan el tema de seguridad en máquina desde la implementación de un banco para pruebas motor Diesel mono cilíndrico con aplicaciones investigativas. El proyecto comienza por medio de la identificación de peligros asociados al funcionamiento del equipo, en el cual observaron la exposición del alternador y el motor en el proceso de funcionamiento del banco de pruebas, lo cual eran factores claros que se podían asociar con accidentalidad. Con el resultado de la identificación previa toman la decisión de realizar implementación de dispositivos de seguridad, por lo cual obtienen como resultado un banco o máquina con presencia de guarda fija en el alternador y guarda móvil para el motor, con el fin de poder garantizar la protección del personal y estructurar el equipo en función de la seguridad en máquina. En el diseño de los resguardos los autores indican la necesidad de tener guardas, pero con la característica de que fueran tipo malla, de tal forma que pudieran tener visibilidad del funcionamiento de la máquina, pero garantizando la seguridad en el equipo. (Pallares et al., 2017)

Esta propuesta indica claramente la compatibilidad que se observa entre los dispositivos de seguridad, la producción y las necesidades de las empresas en función de los procesos, lo cual desestima los mitos asociados a la impertinencia o imposibilidad que presentan las

guardas, sensores u otro tipo de dispositivos de seguridad en función de los procesos productivos.

En el 2019 en la ciudad de Cali Colombia, desarrollan una investigación asociada a la modernización de máquina centrífuga para la fabricación de bujes de hierro gris en la empresa Metalex S.A.S, con el fin de garantizar una mejora en el proceso de producción y un progreso en las condiciones de seguridad en el operario. El proceso estuvo basado en el rediseño de la estructura, control de proceso y sistema de seguridad en la máquina, lo cual fue ejecutado en un proceso de simulación del estado actual del equipo y del comportamiento que tomaría con el rediseño, adicionalmente se desarrolló una propuesta de automatización y control enfocada directamente en la seguridad del operario y finalmente en el cálculo de los costos para el desarrollo de la investigación. Como resultado de la investigación se obtuvo la necesidad de realizar implementaciones de seguridad directamente asociadas a la delimitación del área de trabajo, a la instalación de una guarda de seguridad con el fin de evitar atrapamientos por contacto directo con sistemas de transmisión e instalación de tablero de control.(Jhon William Noguera Ramírez & Solarte Montenegro, 2019)

Las guardas de protección fijas asociadas a los sistemas de transmisión son un elemento importante de seguridad basados en la condición, sin embargo dentro del ámbito comportamental se observan grandes falencias ya que se presentan violaciones de dicho

dispositivos por parte del personal, por lo cual el enclavamiento con micro switches de dichos dispositivos de seguridad con las máquinas implica una solución de muchas más calidad, con seguridad permanente, confiable y pensada en función del comportamiento y la condición.

Finalmente, en el año 2020 se realiza una investigación asociada al rediseño de máquina co-laminadora para la fabricación de papel corrugado, con un enfoque a seguridad en máquinas debido a las falencias en la seguridad de los operarios ya que no poseían los elementos básicos de seguridad industrial, tales como barreras, paros de emergencia, y su respectiva demarcación. El proceso se realizó por medio de un diagnóstico de la máquina ya existente con el objetivo de definir los parámetros de funcionamiento y poder identificar condiciones que dieran lugar a la improductividad en función del exceso de personal laborando en el equipo y a la falta de seguridad en máquina debido a la falta de dispositivos de seguridad. En función de los resultados obtenidos después de los análisis de los diagnósticos previos, realizaron diseños que permitieran encontrar la condición ideal desde seguridad industrial y como resultado obtuvieron el diseño de una máquina con resguardos en transmisión de potencia. (Piñones, Engranajes, Poleas, Correas, Cadenas, Ejes), paros de emergencia en tablero de control y en el lugar de trabajo más próximo y óptimo, encendido bimanual o mando a dos manos en el tablero de control y aparta manos en los rodillos de distribución y compactación de las láminas de papel. (Cruz Carvajal & Silva Gomez, 2020)

Dentro de las investigaciones realizadas se puede observar con claridad el avance tecnológico que se observa a nivel de seguridad en máquina tanto a nivel internacional como nacional y la intención de tener un balance entre seguridad y productividad, sin embargo, se puede observar que no se presenta mucha información relacionada con los sensores blanking fijo y blanking flotante, por lo cual se identifica una falta de aplicación de dichos dispositivos en la industria local y como consecuencia no se pueden percibir el retorno de sus beneficios en la seguridad industrial de forma más abundante.

5.2 Marco teórico

La seguridad en procesos industriales siempre ha estado directamente relacionada al contacto directo entre el ser humano y la máquina o herramienta utilizada para obtener algún objetivo, por tal motivo a lo largo de la historia se han presentado diferentes tipos de intervención relacionada con la seguridad en máquina teniendo como único fin el cuidado del ser humano en los procesos productivos.

De acuerdo con Cortes Diaz (2001) en su libro Seguridad e Higiene del Trabajo, Técnicas de prevención de riesgos laborales, indica que para el año 1744 en Inglaterra aparece por primera vez el concepto de seguridad industrial, el cual se relacionó directamente con la invención de la máquina de vapor realizada por Jaime Watt ya que por medio de esta nacen

las grandes industria y fabricas pero a su a vez aparecen los números considerables de accidentes de trabajo sin que se percibieran técnicas para evitarlo o disminuirlos.

Para el año 1844, según Chamocho Barranto (2014) en su libro Seguridad e Higiene industrial indica la aparición de la primera normatividad asociada al concepto de seguridad en máquinas, denominado como (Ley de fábricas), en la cual se incorporaron disposiciones para que cubrieran las partes riesgosas de la maquinaria, se incorporaran protecciones y se notificaran los accidentes. Como consecuencia de la ley de fábricas comienzan el nacimiento de asociaciones diferentes países con la finalidad de prevenir accidentes que estuvieran directamente relacionados con la maquinaria ubicada en las fábricas.

En el año 1918 el concepto de seguridad e higiene comienza a conseguir importancia principalmente por la creación de la Oficina Internacional del Trabajo denominada como OIT, la cual tuvo asociada el servicio de Seguridad y Prevención de Accidentes para el año 1921 y el aporte de Escuela Americana de Seguridad en el trabajo en la cual estaban grandes representantes como Heinrich, Simonds, Grimaldi y Bird, los cuales presentaron una filosofía con un enfoque a la seguridad, que se ha constituido como la base actual del campo de la seguridad industrial.(Cortes Diaz, 2001)

Herbert William Heinrich considerado como el padre de la seguridad industrial por ser el primer ingeniero de seguridad industrial y la figura más representativa de la escuela americana. Realizó miles de estudios y análisis de accidentes en el cual decide proponer un modelo preventivo y afirma que todos los accidentes pueden ser prevenidos e indica que, de cada 75,000 accidentes, 10 por ciento se deben a condiciones peligrosas, 88 por ciento a actos inseguros y 2 por ciento a actos imprevistos. Es decir que la principal fuente accidentes se debe a los actos inseguros de los trabajadores en lugar de factores ambientales. Heinrich utilizó diversos métodos para valorar accidentes y marcó la diferencia entre costos directos e indirectos, dato sobre el que se basaría Simonds para hacer sus innovaciones en el análisis de costos de accidentes. H. W. Heinrich plantea la metáfora del iceberg para explicar que por detrás de los accidentes laborales se producen numerosos incidentes que, de haber sido reportados y considerados en la planificación e implementación de las normas de seguridad, pudieron haber servido para prevenir los accidentes. (Gallegos, s. f.)

El 29 de diciembre de 1970 el congreso norteamericano aprobó una Ley propuesta por William Steiger sobre la Seguridad e Higiene Laboral que condujo a la creación de la OSHA (Occupational, Safety and Health Administration), la cual está vigente hasta el día de hoy y es la entidad encargada de emitir normativas en función de la seguridad y salud en el trabajo en los Estados Unidos.(Gallegos, s. f.)

En Colombia la introducción de seguridad industrial también se hizo presente en el inicio del siglo XX.

En 1904, Rafael Uribe Uribe trata específicamente el tema de seguridad en el trabajo en lo que posteriormente se convierte en la Ley 57 de 1915 conocida como la “ley Uribe” sobre accidentalidad laboral y enfermedades profesionales y que se convierte en la primera ley relacionada con el tema de salud ocupacional en el país.(Lizarazo et al., 2021)

Posterior a la ley Uribe aparecen otro tipo de leyes que buscaban fortalecer la protección de los trabajadores en función de peligros y riesgos de su trabajo, las cuales tuvieron un impacto preponderante en lo que sería el futuro de la seguridad y salud en el trabajo en Colombia definidas como:

la Ley 46 de 1918, que dictaminaba medidas de Higiene y Sanidad para empleados y empleadores, la Ley 37 de 1921, que establecía un seguro de vida colectivo para empleados, la Ley 10 de 1934, donde se reglamentaba la enfermedad profesional, auxilios de cesantías, vacaciones y contratación laboral, la Ley 96 de 1938, creación de la entidad hoy conocida como Ministerio de la Protección Social, la Ley 44 de 1939, creación del Seguro Obligatorio e indemnizaciones para accidentes de trabajo y el Decreto 2350 de 1944, que promulgaba los fundamentos del Código Sustantivo del

Trabajo y la obligación de proteger a los trabajadores en su trabajo. Pero es en el año 1945 cuando se cementan las bases de la salud ocupacional en Colombia, al ser aprobada la Ley 6 (Ley General del Trabajo) por la cual se promulgaban disposiciones relativas a las convenciones de trabajo, asociaciones profesionales, conflictos colectivos y jurisdicción especial de los asuntos del trabajo. A dicha ley se le hicieron algunas enmiendas con los decretos 1600 y 1848 del año 1945. Los años siguientes son de gran movimiento en el ámbito de salud ocupacional en Colombia, porque en 1946 con la Ley 90 se crea el Instituto de Seguros Sociales, con el objetivo de prestar servicios de salud y pensiones a los trabajadores colombianos. En 1948, mediante el Acto Legislativo No.77, se crea la Oficina Nacional de Medicina e Higiene Industrial y posteriormente, con el Decreto 3767 de 1949, se establecen políticas de seguridad industrial e higiene para los establecimientos de trabajo.(Lizarazo et al., 2021)

Posteriormente aparece la resolución 2400 de 1979, la cual hablaría directamente sobre el Riesgo que tienen los empleados al estar expuestos a maquinarias como consecuencia de sus labores dentro de una compañía y como mitigación al respecto presentan unos elementos en la presente resolución donde dan parámetros para el control y prevención del riesgo mecánico, los cuales se relacionan entre los artículos 266 al 447, título VIII, IX y X.
(*Res.2400-1979.pdf*, s. f.)

De acuerdo a la información anterior se observa claramente como en la historia industrial se han promovido leyes y normas que han tratado de introducir el concepto de seguridad en máquina, seguridad para la persona y seguridad productiva de acuerdo al contexto histórico, todo esto ha permitido que en función del tiempo que se hayan presentado el desarrollo de diferentes tipos de tecnologías que permiten realizar intervenciones relacionadas con seguridad en máquina de acuerdo a las normativas y a las normativas internas de las organizaciones.

Actualmente existe diferentes tipos de sistemas de seguridad, sin embargo, su aceptación a nivel industrial en ocasiones es compleja ya que para muchos casos de producción dichos elementos representan un costo imposible de asumir, una interrupción del proceso o una ralentización del mismo, por tal motivo en la actualidad los dispositivos más utilizados a nivel industrial son resguardos de seguridad, resguardos de seguridad enclavadas con microswitches, dispositivos barreras led y dispositivos de sensores de blanking fijo y flanking flotante, cada uno de estos con variabilidad de precios y de función.

El resguardo físico. Se define como la guarda que se mantiene en su posición de forma permanente (soldadura) o mediante elementos de fijación (tornillos) que impiden que puedan ser retirados sin auxilio de herramientas.(Cortes Diaz, 2001)

La guarda móvil. Es un resguardo generalmente asociado mecánicamente al bastidor de la máquina o a un elemento fijo próximo, mediante bisagras o guías de deslizamiento y que es posible abrir sin uso de herramientas. (Cortes Diaz, 2001)

La guarda regulable. Es el resguardo fijo o móvil que es regulable en su totalidad o que incorpora partes regulables. (Cortes Diaz, 2001)

Guarda con dispositivo de enclavamiento. Es el resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento de manera que las funciones de seguridad de la máquina cubiertas por el resguardo no puedan desempeñarse hasta que el resguardo esté cerrado. La apertura del resguardo supone la orden de parada, mientras que su cerrado no provoca la puesta en marcha de la máquina.(Cortes Diaz, 2001) .

Guarda con dispositivo de enclavamiento y bloqueo. Es el resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento y a un dispositivo de bloqueo mecánico. Se diferencia del anterior en que no puede abrirse hasta que desaparece el riesgo de lesión.(Cortes Diaz, 2001)

Guarda asociada al mando. Es el resguardo asociado a un dispositivo de enclavamiento o de enclavamiento y bloqueo, de forma que las funciones peligrosas de la máquina no pueden realizarse hasta que el resguardo esté cerrado, mientras que el cierre del resguardo provoca la puesta en marcha de la máquina.(Cortes Diaz, 2001)

Adicionalmente los dispositivos de bloqueo también tienen diferentes denominaciones de acuerdo a la configuración instalada en los equipos, los cuales se dividen en:

Sistemas de doble de donde enclavamiento. Son los dispositivos de protección mecánico, eléctrico o de cualquier otra tecnología, destinado a impedir el funcionamiento de ciertos elementos de una máquina bajo determinadas condiciones (generalmente cuando el resguardo está cerrado). (Cortes Diaz, 2001)

Sistema de validación. Es el dispositivo suplementario de mando, accionado manualmente, utilizado conjuntamente con un órgano de puesta en marcha que, mientras se mar tiene accionado, autoriza el funcionamiento de una máquina.(Cortes Diaz, 2001)

Sistema sensible. Es el dispositivo que provoca la parada de una máquina o de elementos de una máquina, cuando una persona o una parte de su cuerpo rebasa un límite de seguridad (dispositivo sensible a la presión, fotoeléctricos, etc.).(Cortes Diaz, 2001)

Sistema de retención mecánica. Son el tipo de dispositivo cuya función es la de insertar en un mecanismo, un obstáculo mecánico (cuña, pasador, etc;) capaz de oponerse, con base en su resistencia a cualquier movimiento peligroso.(Cortes Diaz, 2001)

Sistema limitador. Es el dispositivo que impide que una máquina o elementos de una máquina sobrepasen un límite establecido (limitador de presión, desplazamiento, etc.). (Cortes Diaz, 2001)

Sistema disuasorio. Es un obstáculo material que no impide totalmente el acceso a una zona peligrosa, pero reduce la posibilidad de acceder a ella, por restricción del libre acceso.(Cortes Diaz, 2001)

Sistema de mando sensitivo. Es un dispositivo de mando que pone y mantiene en marcha los elementos de una máquina solamente mientras el órgano de accionamiento se mantiene accionado. Cuando se suelta retorna a la posición de parada. (Cortes Diaz, 2001)

Sistema de mando a dos manos. Es un mando sensitivo que requiere como mínimo el accionamiento simultáneo de dos órganos de accionamiento para iniciar y mantener el buen funcionamiento de una máquina o de un elemento de una máquina, garantizando así la protección de la persona que actúa sobre los órganos de accionamiento. (Cortes Diaz, 2001)

Sistema de mando de marcha a impulsos. Es un dispositivo de mando cuyo accionamiento permite solamente un desplazamiento limitado de un elemento de una máquina, reduciendo así el riesgo lo más posible. No permite otro movimiento hasta que se suelte y sea accionado de nuevo. (Cortes Diaz, 2001)

Sistema de parada de emergencia. Es una Función destinada a evitar la aparición de peligros o reducir los riesgos existentes que puedan perjudicar a las personas, a la máquina o al trabajo en curso o a ser desencadenada por una sola acción humana cuando la función de parada normal no es adecuada para este fin. (Cortes Diaz, 2001)

Sistema de estructura de protección. Es una Obstrucción material, al igual que el resguardo, o una parte de la máquina, que restringe el movimiento del cuerpo o de una parte de éste. (Cortes Diaz, 2001)

Para la correcta gestión, instalación, implementación y uso de los dispositivos de seguridad, existen normas técnicas de carácter voluntario que indican los procedimientos y detalles correctos para llevar a cabo el montaje de guardas y sensores. Dichas normas son la ISO y normas IEC.

La ISO es una red de organizaciones de normalización de 148 países, se caracteriza por que no es una organización gubernamental y por tal motivo sus miembros no representan a los gobiernos de los países integrantes sino que representan únicamente los intereses de las organizaciones nacionales de normalización. (Gornemann, 2017)

De acuerdo con Gornemann (2017) las normas ISO contienen especificaciones técnicas de aplicación voluntaria, son elaboradas por consenso de las partes interesadas como son los fabricantes, usuarios, consumidores, administraciones, asociaciones profesionales, centros de investigación y laboratorios. El desarrollo de las normas está basado en la experiencia y el desarrollo tecnológico. Representan el estado actual de la técnica, están disponibles al público y son desarrolladas, aprobadas y publicadas por organismos de normalización, nacional, regional o internacionales reconocidos.

Las normas ISO directamente relacionadas con la seguridad en máquina se definen como la ISO 14119 (dispositivos de enclavamiento asociados a resguardos), ISO 14120 (Resguardos), ISO 13855 (posicionamiento de los sistemas de protección), ISO 13855 (posicionamiento de los protectores), ISO 14119 (dispositivos de enclavamiento asociados a protectores) y la ISO 14120 (requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos). (Gornemann, 2017)

De acuerdo con Gomemann (2017) la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es una organización mundial que desarrolla y publica normas internacionales en el campo de la Electrotécnica y sus respectivas tecnologías. Las normas IEC sirven de bases para normas nacionales y acuerdos mercantiles internacionales. La incursión de la IEC se desarrolla principalmente en la Electrotecnia, en donde se incluye el sector de la Electrónica, Magnética, Electromagnética, Electroacústica, Multimedia, Telecomunicaciones, producción y distribución de energías y de otro tipo de sistemas asociados como son la Simbología técnica, compatibilidad electromagnética, la metrología, eficacia, investigación, desarrollo, seguridad y medio ambiente. Para el caso de la seguridad industrial y el enfoque de sistemas de seguridad se encuentran la IEC 60204-1 (equipo eléctrico de las máquinas), IEC TS 62046 (aplicación de los dispositivos de protección electro sensibles), IEC 62061 (seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos y electrónicos) y la norma IEC 61310-18 (especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles).

Teniendo en cuenta la información anterior, se evidencia con claridad los entes normativos bajo los cuales se deben guiar las organizaciones o empresas para realizar la intervención en máquina asociadas a la seguridad de acuerdo a sus necesidad, procesos y posibilidades económicas.

En el presente proyecto de investigación se pretende abordar la implementación de sensores de blanking fijo y blanking flotante con el fin de garantizar que el proceso productivo no se presente interrumpido bajo la presencia del material e incluso cuando el

mismo pase por los haces de luz de los sensores pero que si garantice que el sistema se detenga cuando los haces de luz detecten la presencia de alguna extremidad del personal operativo, permitiendo la productividad en un balance perfecto con la seguridad industrial.

La función blanking de algunas cortinas fotoeléctricas de seguridad permite cegar la zona definida de la reja fotoeléctrica de seguridad. En este caso, el campo de protección se puentea solo de forma parcial pero permanente. Para ello se desactiva exactamente la sección por la que ha de transportarse un producto. Sin embargo, el personal no debe poder acceder sin ser detectado a la zona peligrosa a través de la parte desactivada del campo de protección. Existen dos tipos de blanking: blanking fijo y blanking flotante. En el blanking flotante ("desconexión en movimiento") se ciega un número determinado de haces o varias zonas y el producto puede moverse dentro de la zona peligrosa, es decir, no ha de interrumpir en todo momento todos los haces cegados.(PILZ THE SPIRIT OF SAFETY, 2021)

Las maquinas enfocadas al presente proyecto de investigación son selladoras de empaques ZENER que cuentan con módulos de sellados, rodillos pisadores, conductores y sistemas de trasmisión, los cuales se traducen en factores de riesgo ya que se encuentran totalmente expuestos, por lo cual se pretende realizar intervención con un enfoque a seguridad en máquina focalizándolo a la implementación de sensores de blanking fijo y flotante.

5.3 Marco legal

El marco legal se establece bajo los parámetros normativos bajos los cuales se ampara o apalanca el presente trabajo de grado, dichos elementos están directamente enfocados al cuidado y protección del ser humano en el entorno laboral y adicionalmente se centran en el cuidado del trabajador desde la intervención en la fuente a la cual se encuentran expuestos.

El punto de referencia será la normativa colombiana que implica obligatoriedad, sin embargo se anexará normativa internacional que no son de obligatoria que cumplimiento pero que claramente son la guía teórica para realizar la instalación de sistemas de seguridad que evitaren la accidentalidad, impactando satisfactoriamente el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo SGSST de acuerdo con el Decreto 1072 de 2015 Libro 2, Parte 2, Titulo 4, Capitulo 6 y la intervención obligatoria que se debe presentar al riesgo mecánico según la Resolución 2400 entre los Artículos 266 al 447

5.3.1 Decreto 1072 de 2015 Libro 2, Parte 2, Titulo 4, Capitulo 6

El presente decreto hace parte de la regulación colombiana asociada a la seguridad y salud en el trabajo, el cual fue emitido en el año 2015 por el Ministerio del Trabajo.

Como principal objetivo es definir las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), que deben ser aplicadas por todos los empleadores públicos y privados, los contratantes de

personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, las organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo, las empresas de servicios temporales y tener cobertura sobre los trabajadores dependientes, contratistas, trabajadores cooperados y los trabajadores en misión.(Ministerio del Trabajo, 2015)

El objetivo practico es definir las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), las cuales deberán ser aplicadas a todo el personal tanto en empresas públicas. El enfoque con respecto al presente trabajo se da en función de las acciones de prevención y mitigación del riesgo asociado al atrapamiento en máquinas, el cual al ser controlado tendrá un impacto directo positivo sobre el sistema de gestión ya que indicaría el cumplimiento del mismo desde la seguridad industrial y adicionalmente indicará la correcta gestión del riesgo asociada a la identificación y control de peligros.

5.3.2 Resolución 2400 entre los Artículos 266 al 447

La resolución 2400 hace parte de la regulación colombiana asociada a la seguridad y salud en el trabajo, la cual fue emitida en el año 1979 por el Ministerio del Trabajo y Seguridad Social.

La presente indica las disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad reglamentadas en la presente Resolución, se aplican a todos los establecimientos de trabajo, sin perjuicio de

las reglamentaciones especiales que se dicten para cada centro de trabajo en particular, con el fin de preservar y mantener la salud física y mental, prevenir accidentes y enfermedades profesionales, para lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar de los trabajadores en sus diferentes actividades. (MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL, 1979)

El objetivo práctico es definir y estipular el tipo de protección de seguridad que deberán tener los equipos en función de eliminar y controlar el riesgo por exposición a elementos de máquinas en movimiento por parte del personal y poder realizar un control adecuado del riesgo mecánico enfocado a la seguridad y salud de los empleados.

5.3.3 Norma internacional ISO 12100

La norma ISO 12100 es una norma internacional realizada por la Organización Internacional de normalización denominada como ISO, en la cual se establecen lineamientos asociados al concepto de seguridad en máquina.

La norma ISO tiene como objetivo ofrecer a los diseñadores una vista general completa de la fabricación de máquinas que son seguras para su uso previsto. Adicionalmente indica como el concepto de la seguridad de máquinas contempla la aptitud de una máquina para ejecutar las funciones previstas en el curso de su vida útil, habiéndose reducido adecuadamente el riesgo. *(EN ISO 12100. Guía para la fabricación de máquinas seguras - Pilz MX, 2021)*

La norma ISO 12100 tiene como objetivo funcional indicar las características que debe tener una máquina desde su diseño para tener arraigado el concepto de seguridad en máquina. Adicionalmente dicha norma apalanca otras normas como las IEC 60204-1 (equipo eléctrico de las máquinas), IEC TS 62046 (aplicación de los dispositivos de protección electro sensibles), IEC 62061 (seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos y electrónicos) y la norma IEC 61310-18 (especificaciones para las señales visuales, audíbles y táctiles). (Gornemann, 2017).

La aplicación de las normas ISO e IEC permitirán dar cumplimiento a la normatividad colombiana según los requerimientos legales, pero bajo las características de las guías técnicas internacionales con el fin de incluir de forma correcta el concepto de seguridad en máquina.

6. Marco metodológico

6.1 Paradigma

De acuerdo con (Enfoques-y-estrategias-de-investigacion4.pdf, 2014), el paradigma empírico- analítico busca la explicación, la determinación de causas y efectos cuantitativamente comprobables y repetibles en contextos diversos con variables de control, adicionalmente ambiciona predecir y controlar los hechos que estudia para modificarlos.

Teniendo en cuenta la definición del paradigma empírico analítico y el contexto del presente trabajo de investigación donde se pretende cuantificar la variable accidentalidad en maquina selladora ZENER en la empresa del sector del plastico, con el objetivo de poder medir, controlar y modificar dicho parámetro en función del impacto en la salud de los empleados y en el área económica de la compañía y así proponer la implementación de sistemas de seguridad en máquina que permitan modificar la condición y controlar la variable accidentalidad, el paradigma bajo el cual se enmarca el presente trabajo de investigación es empírico- analítico.

6.2 Diseño

La investigación cuantitativa es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos de distintas fuentes. El presente método implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados. Es concluyente en su propósito ya que trata de cuantificar el problema mediante la búsqueda de resultados proyectables a una población mayor (Universidad de Alcalá, 2018).

De acuerdo con la definición anterior y el marco bajo el cual se desarrolla el presente trabajo de investigación, el cual está basado en la adquisición del número de accidentes en el área de sellado de la empresa del sector del plástico, utilizando herramientas como matrices de accidentalidad que permiten identificar y posteriormente cuantificar la variable accidente con el objetivo de poder tenerla tabulada y manejada como un número, el cual se

pretende disminuir con la intención de llevarlo a cero, evidencia claramente que la presente investigación es de carácter cuantitativo.

6.2.1 Tipo de investigación

La presente investigación es un estudio correlacional, el cual según (Jervis, 2017) se define como un tipo de investigación no experimental en la que los investigadores miden dos variables y establecen una relación estadística entre las mismas, sin necesidad de incluir variables externas para llegar a conclusiones relevantes.

La variable a medir en el presente trabajo es la accidentalidad, sin embargo, se relaciona directamente con dos variables adicionales identificadas como el impacto en la salud de los empleados del área de sellado y el impacto económico que genera la accidentalidad sobre la compañía del sector del plástico, por lo tanto, se presenta una correlación entre tres variables, las cuales se afectaran directamente cuando se presente la variación de alguna de las otras.

6.3 Población

En el desarrollo de la presente investigación se toma como población al área de sellado ubicada en la empresa del sector del plástico, la cual cuenta con 10 activos o maquinas selladoras ZENER utilizadas para realizar el proceso de selle de bolsas plásticas usadas como empaques a nivel comercial. El área cuenta con 36 personas operarias encargados de manejar de forma permanente los equipos, 3 patinadores con el objetivo de realizar el

suministro de material, 6 maquinistas que junto con los operarios tienen la función de realizar el montaje de las máquinas y 10 personas de mantenimiento anexas al área con la misión de realizar actividades preventivas y correctivas.

6.4 Muestra

La muestra seleccionada en el área de sellado asociada a la empresa del sector del plástico es la máquina selladora ZENER 01, la cual tiene las características de ser el equipo con más accidentalidad asociado por atrapamiento y adicionalmente cuenta con la condición de ser la máquina más utilizada dentro del área, dicha selladora cuenta con 4 módulos de rodillos pisadores, un sistema de sellado, una red neumática de alimentación, una cuchilla de corte y dos lados de exposición al peligro de atrapamiento.

La intervención de la máquina u operación de la misma se asocia por cada turno a 1 persona operaria permanentemente y de forma intermitente 1 maquinista, 1 patinador y dos personas de mantenimiento.

6.5 Instrumentos

Las herramientas utilizadas para realizar la respectiva recolección de la información asociada a la ejecución de la presente investigación son el diagnóstico de riesgo mecánico basado en la calificación de la norma ISO 13849 de la máquina ZENER 01 con el objetivo de identificar puntos de atrapamiento presente en la máquina, adicionalmente se empleará la matriz de accidentalidad utilizada en la empresa con el propósito de identificar número de accidentalidad y ausentismo asociado al equipo abordado.

- Diagnóstico de riesgo mecánico: Es un archivo en Excel compuesto por columnas, en las cuales se encuentran el área donde está ubicado el equipo dentro de la compañía, nombre de la máquina inspeccionada, hallazgo según la visita en campo realizada por el auditor, recomendación y cálculo del peligro. La presente herramienta es de carácter cualitativo y cuantitativo y tiene como función identificar condición, determinar recomendación para realizar control y obtención del cálculo del riesgo para poder priorizar la intervención en máquina, teniendo en cuenta que para efectos de la presente investigación el foco está puesto sobre el peligro de atrapamiento.

Ilustración 1. Identificación de hallazgos diagnóstico riesgo mecánico

EMPRESA	FECHA	FUENTE	ÁREA	EQUIPO	HALLAZGO	PLAN DE ACCIÓN SUGERIDO
COLOMBIA PLASTICO	*****	INSPECCIÓN DE SEGURIDAD	SELLADO	ZEMER #1	Las estructuras utilizadas para realizar izaje de carga cuentan con afectación estructural de esfuerzos generados por la elevación de la carga, por tal motivo, dichos elementos deben contar con una certificación, la cual, indique cual es la capacidad máxima admisible de carga. Actualmente la estructura no cuenta con una certificación ni con una señalización asociada a la capacidad máxima admisible, por tal motivo, se puede incurrir en un sobre esfuerzo y por consiguiente en un desplome intempestivo de la carga.	Se recomienda realizar una certificación de la estructura de carga para definir su capacidad máxima admisible, adicionalmente se debe instalar señalización visual con dicha certificación para que el personal tenga claridad y no exceda la capacidad de la estructura.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2 Calificación de hallazgos diagnóstico riesgo mecánico

FACTOR DE RIESGO	G	F	P	CÁLCULO DE RIESGOS	RESPONSABLE	FECHA EJECUCIÓN
MECÁNICO	2	2	2	E	Area de SST	DEFINE LA EMPRESA

Fuente: Elaboración propia

- Matriz de accidentalidad empresa del sector del plástico: La presente herramienta es un archivo en Excel entregado por un software corporativo, el cual alberga toda la información asociada a los reportes de los accidentes ocurridos en la empresa. La metodología utilizada en la matriz se distribuye en columnas denominadas como lugar del accidente, área, maquina, tipo de peligro, sistema mecánico asociado al evento, parte del cuerpo afectada, día, descripción del accidente, causas básicas, tipo de acción a implementar, plan de acción, área responsable de ejecución del plan, fecha esperada de cumplimiento y seguimiento al cumplimiento de la ejecución del plan de acción.

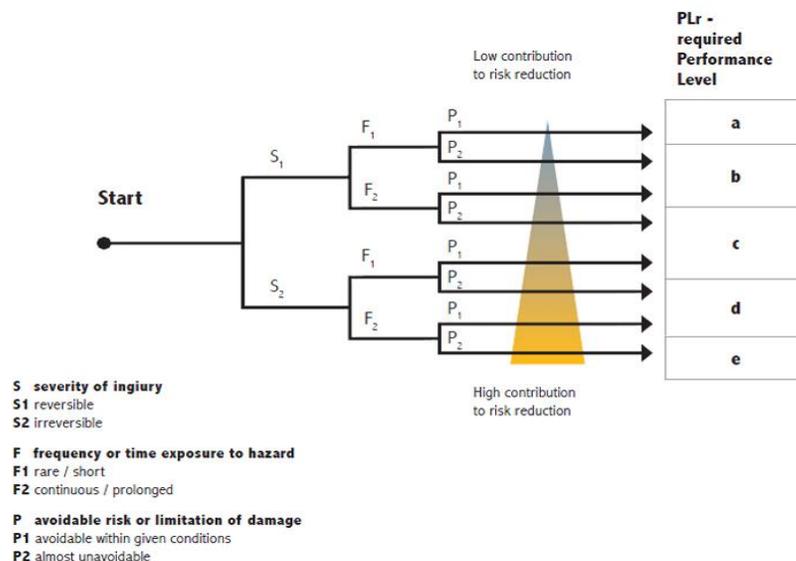
La matriz de accidentalidad permitirá caracterizar y cuantificar el número de accidentes en el área de sellado, específicamente en la ZENER 01 y la relación directa que tiene con los sistemas mecánicos relacionados con el peligro de atrapamiento.

6.6 Técnicas de análisis de datos

Teniendo en cuenta que para la presente investigación se realizara la utilización de dos herramientas o instrumentos de obtención o canalización de la información, de la misma manera se tendrán en cuenta dos técnicas de recolección de datos de acuerdo a cada técnica.

- Técnica de recolección de datos asociada al diagnóstico de riesgo mecánico en maquina ZENER 01: La información recolectada en el diagnostico estará basada en los resultados obtenidos bajo la calificación de la metodología ISO 13849, la cual indicará la priorización de intervención en máquina de acuerdo al nivel del riesgo definido como A, B, C, D y E siendo E (alto), D (medio alto), C (medio), B (medio bajo) y A(bajo). La calificación estará parametrizada en 3 factores determinados como gravedad o severidad del posible daño, frecuencia y tiempo de exposición a la fuente y probabilidad de evitar la fuente de riesgo o minimizar el daño (Reer, 2021)

Ilustración 3 Metodología calificación ISO 13849



Fuente: (Reer, 2021)

Teniendo en cuenta la metodología utilizada, la presente herramienta entregara el panorama actual de las condiciones de seguridad en máquina y su criticidad visibilizando ausencia del concepto de equipo seguro, adicionalmente brindara hallazgos, calificación y recomendaciones de intervención en máquina de acuerdo a los puntos críticos de la selladora ZENER O1, los cuales permitirán realizar priorización de intervención de acuerdo al tipo de calificación y estarán directamente asociados al peligro de atrapamiento, permitiendo afirmar la necesidad de intervención bajo la utilización de dispositivos de seguridad en máquina para poder eliminar el peligro de atrapamiento, el cual se percibirá de forma latente con la recolección de los resultados arrojados por el presente instrumento.

- Técnica de recolección asociada a la matriz de accidentalidad de la empresa del sector del plástico: Se caracterizará los accidentes relacionados al área de sellado específicamente en la maquina ZENER 01, la información se identificará cuantificando los eventos y definiendo el porcentaje de la población operativa que se ha visto afectada por accidentes laborales. Dichos datos serán el insumo bajo el

cual se identifica de forma cuantitativa el número y la repetición de accidentalidad en la máquina y su constancia en el impacto negativo sobre la salud. Adicionalmente con la información extraída se asociarán los días de ausentismo relacionados a la accidentalidad, con los cuales se realizará un cálculo de las pérdidas económicas que representan para la empresa los eventos asociados.

Gracias a la información anteriormente descrita se plasmará numéricamente los efectos de la accidentalidad en la salud del personal y en el área económica de la compañía, adicionalmente se obtendrán datos tangibles que permiten realizar comparaciones de los costos de implementación de sistemas de seguridad vs los costos relacionados con los eventos en máquina.

6.7 Fases de la investigación

La investigación asociada a la propuesta de implementación de sistemas de seguridad en maquina ZENER consta de 4 fases

- **Fase 1:** Ejecución de diagnostico de riesgo mecánico en maquina ZENER 01 de la empresa del sector del plastico por medio de una inspección en campo utilizando metodología ISO 13849 con el fin de identificar los puntos criticos de atrapamiento en el equipo que generan la accidentalidad.

En la presente fase se realiza inspección y diagnóstico de riesgo mecánico en la maquina ZENER 01, en la cual se identifican puntos de exposición y elementos mecánicos en contacto directo con el personal, los cuales pueden generar la posibilidad de generar atrapamiento.

El diagnostico tiene asociado los respectivos hallazgos y cada una de las recomendaciones de acuerdo a las condiciones actuales del equipo y adicionalmente cuenta con una calificación de la condición de acuerdo a la metodología ISO 13849.

En esta fase se visualiza el estado actual de la maquina con respecto al riesgo mecánico y su criticidad, adicionalmente se identifica la necesidad de intervenir el equipo desde el foco de seguridad en maquina

- **Fase 2:** Identificación de indicadores de accidentalidad en la empresa del sector del plastico en los ultimos 3 años por medio de la matriz de accidentalidad en el área de sellado en la maquina ZENER 01, que definan y caractericen los impactos en la salud del recurso humano como consecuencia de los eventos por atrapamiento y justifiquen la importancia de la instalación de dispositivos de seguridad en las máquinas ZENER.

Realizando un análisis de la matriz de accidentalidad de la empresa del sector del plastico se identifican el numero de accidentados en el area de sallado realizando un filtro exactamente en la maquina ZENER 01 con el fin de cuantificar los daños en la salud de los empleados, realizar una tabulación y poder plasmar los impactos de la aaccidentalidad sobre la salud de los empleados de forma tangible y ucho mas visible

- **Fase 3:** Identificar tiempos de ausentismo asociados a eventos de atrapamiento por medio del análisis en la matriz de accidentalidad definiendo cuantitativamente los impactos económicos que genera para la Compañía la accidentalidad por atrapamiento en las máquina ZENER 01 por la ausencia de dispositivos de seguridad.

Posterior a la cuantificación de los accidentes de trabajo en el área de sellado realizada en la fase 2, se realiza una identificación correlacionada en función del ausentismo y el valor de los días de incapacidad, con el objetivo de poder traducir esos datos a valores numéricos representados en dinero con el fin de cuantificar monetariamente el costo representativo para la compañía de los accidentes de trabajo y poderlos tener tabulados.

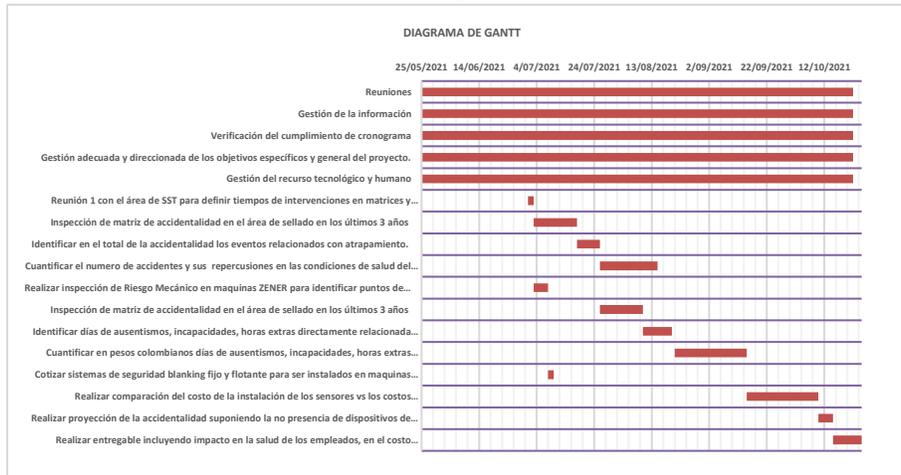
- **Fase 4:** Definición del costo de la implementación de sensores de blanking fijo y flotante en las máquina ZENER 01 por medio de cotizaciones de proveedores especializados donde se identifique el valor total de la ejecución del proyecto, demostrar el costo beneficio de la implementación de los sensores y proponer la implementación de estos dispositivos de seguridad.

En esta etapa se solicita cotización de sistemas asociados a sensores de seguridad para mitigar peligro de atrapamiento, teniendo en cuenta la necesidad arrojada en el diagnóstico de riesgo mecánico ejecutado en la primera fase. Posteriormente se realiza una comparación entre el costo de la implementación de los sistemas de seguridad vs el costo de la accidentalidad, la cual fue tabulada y cuantificada en las

fases 2-3 y finalmente se realiza la propuesta de implementación teniendo en cuenta el costo beneficio de la propuesta.

6.8 Cronograma

Ilustración 4 Cronograma de actividades



Fuente: Elaboración propia

6.9 Presupuesto

Tabla 1. Costos recurso humano

CARGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TIEMPO	VALOR
Ingeniero Mecánico	Estudiante Especialización SST	1	6 meses	\$ 3.500.000
Médico general	Estudiante Especialización SST	1	6 meses	\$ 3.500.000
Administrados de empresas	Profesional con licencia SST encargado del sistema de gestión de la empresa COLOMBIAPLASTICO S.A	1	60 horas	\$ 1.875.000
Tecnólogo mantenimiento	Pesronal de mantenimiento del area de sellado de la empresa COLOMBIAPLASTICO S.A	1	60 horas	\$ 656.250
Total				\$ 9.531.250

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Costos recurso físico

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR
Computador portátil	Equipo para plasmar	2	\$ 6.199.552
Licencia Microsoft office	Herramienta	2	\$ 470.000
Línea de celular	Herramienta necesaria para contactar personas interesadas y gestionar el proyecto	2	\$ 270.000
Línea de internet	Herramienta necesaria para investigar y gestionar proyecto	2	\$ 200.000
Otros	Adquisición de botas de seguridad, EPP y exámenes médicos	1	\$ 400.000
TOTAL			\$ 7.539.552

Fuente: Elaboración propia

7. Resultados

7.1 Diagnostico de riesgo mecánico

Con base al diagnóstico de riesgo mecánico realizado a la maquina ZENER 01, se puede observar como la maquina se encuentra en un cálculo de riesgo critico según la norma ISO 13849.

Ilustración 5 Máquina ZENER 01



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 6 Diagnostico riesgo mecánico máquina ZENER 01

DIAGNOSTICO RIESGO MECÁNICO SEGÚN NORMA ISO 13849									
AREA	EQUIPO	HALLAZGO	RECOMENDACIÓN	TIPO DE RIESGO	CALIFICACIÓN CUANTITATIVA			CALIFICACIÓN CUALITATIVA	
SELLADO	ZENER 01	El módulo numero 1 cuenta con un sistema de rodillos jaladores y pisadores, los cuales, son intervenidos en funcionamiento como consecuencia de comportamientos inseguros de los empleados, por tal motivo, se genera riesgo de	Se recomienda instalar sensores o barreras en lado operario y lado opuesto operarios, los cuales garanticen que cuando el personal operativo realice intromisiones hacia los módulos donde hay presencia de rodillos y selladores, el	MECÁNICO	2	2	2	E	ALTO

		<p>atrapamiento, enganche, arrastre, aplastamiento y amputación. Actualmente la maquina no cuenta con ningún sistema o elemento de seguridad en máquina que evite la intromisión del personal a la maquina mientras se encuentra en movimiento, por lo tanto, el contacto entre el personal y los elementos mecánicos en movimiento se presente de forma repetitiva.</p>	<p>equipo se detenga de forma inmediata.</p>						
SELLADO	ZENNER 01	<p>El módulo numero 2 cuenta con un sistema de rodillos jaladores y pisadores, los cuales, son intervenidos en funcionamiento como consecuencia de comportamientos inseguros de los empleados, por tal motivo, se genera riesgo de atrapamiento, enganche, arrastre, aplastamiento y amputación.</p>	<p>Se recomienda instalar sensores o barreras en lado operario y lado opuesto operarios, los cuales garanticen que cuando el personal operativo realice intromisiones hacia los módulos donde hay presencia de rodillos y selladores, el equipo se detenga de forma inmediata.</p>	MECÁNICO	2	2	2	E	ALTO

		Actualmente la maquina no cuenta con ningún sistema o elemento de seguridad en máquina que evite la intromisión del personal a la maquina mientras se encuentra en movimiento, por lo tanto, el contacto entre el personal y los elementos mecánicos en movimiento se presente de forma repetitiva.							
SELLADO	ZENNER 01	El módulo numero 3 cuenta con un sistema de rodillos jaladores y pisadores, los cuales, son intervenidos en funcionamiento como consecuencia de comportamientos inseguros de los empleados, por tal motivo, se genera riesgo de atrapamiento, engancho, arrastre, aplastamiento y amputación. Actualmente la maquina no cuenta con ningún sistema o elemento de seguridad en	Se recomienda instalar sensores o barreras en lado operario y lado opuesto operarios, los cuales garanticen que cuando el personal operativo realice intromisiones hacia los módulos donde hay presencia de rodillos y selladores, el equipo se detenga de forma inmediata.	MECÁNICO	2	2	2	E	ALTO

		máquina que evite la intromisión del personal a la maquina mientras se encuentra en movimiento, por lo tanto, el contacto entre el personal y los elementos mecánicos en movimiento se presente de forma repetitiva.							
SELLADO	ZENNER 01	El módulo numero 4 cuenta con un sistema de rodillos jaladores y pisadores, los cuales, son intervenidos en funcionamiento como consecuencia de comportamientos inseguros de los empleados, por tal motivo, se genera riesgo de atrapamiento, enganche, arrastre, aplastamiento y amputación. Actualmente la maquina no cuenta con ningún sistema o elemento de seguridad en máquina que evite la intromisión del personal a la maquina mientras se	Se recomienda instalar sensores o barreras en lado operario y lado opuesto operarios, los cuales garanticen que cuando el personal operativo realice intromisiones hacia los módulos donde hay presencia de rodillos y selladores, el equipo se detenga de forma inmediata.	MECÁNICO	2	2	2	E	ALTO

		encuentra en movimiento, por lo tanto, el contacto entre el personal y los elementos mecánicos en movimiento se presente de forma repetitiva.							
SELLADO	ZENNER 01	La longitud del lado operario y lado opuesto operario de la maquina está compuesta por módulos de sellado, los cuales cuentan con rodillos y selladores, los cuales, pueden ocasionar engancho, atrapamiento, arrastre, quemadura y aplastamiento. Actualmente el equipo no cuenta con paros de emergencia suficientes, los cuales, permitan detener o bloquear el equipo de forma inmediata en caso de presentarse un atrapamiento	Se recomienda instalar paros de emergencia tipo hongo o guaya de emergencia en el perímetro de la máquina, los cuales, sirvan como dispositivos de bloqueo en caso de presentarse alguna situación de riesgo.	MECÁNICO	2	2	2	E	ALTO

SELLADO	ZENNER 01	La máquina selladora está compuesta por módulos de sellado, los cuales cuentan con rodillos y selladores, los cuales, pueden ocasionar engancho, atrapamiento, arrastre, quemadura y aplastamiento. Actualmente el equipo no cuenta con paros de emergencia suficientes, los cuales, permitan detener o bloquear el equipo de forma inmediata en caso de presentarse un atrapamiento	Se recomienda instalar señalización visual en el perímetro de la máquina, la cual indique cada uno de los riesgos a los que se encuentra expuesto el personal cuando tienen contacto directo con el equipo desde la operación, el montaje y el mantenimiento	MECÁNICO	1	2	2	C	MEDIO
SELLADO	ZENNER 01	La cuchilla de corte realiza movimientos verticales a grandes velocidades, sin embargo, dichos elementos no se encuentran confinados por ningún elemento de seguridad que impida el contacto directo entre Las extremidades del operario y los movimientos verticales de la cuchilla,	Se recomienda instalar bandas transportadoras que circulen el producto después de la operación de corte hasta la ubicación del operario, evitando que el operario ingrese la mano hasta la zona de corte donde se encuentra la cuchilla.	MECÁNICO	2	2	2	E	ALTO

como consecuencia del atrapamiento en maquina selladora ZENER 01 en los años 2018, 2019 y 2020.

7.2 Matriz accidentalidad de la empresa del sector del plástico

La identificación de la matriz de accidentalidad permitió visualizar y filtrar los accidentes asociados al riesgo de atrapamiento en la maquina ZENER 01 en los años 2018, 2019 y 2020. Adicionalmente permitió identificar el porcentaje de la población del área de sellado que se ha visto afectada por eventos laborales directamente ligados con atrapamiento en maquina ZENER 01 y el impacto económico de los eventos.

Tabla 3. Ausentismo 2018

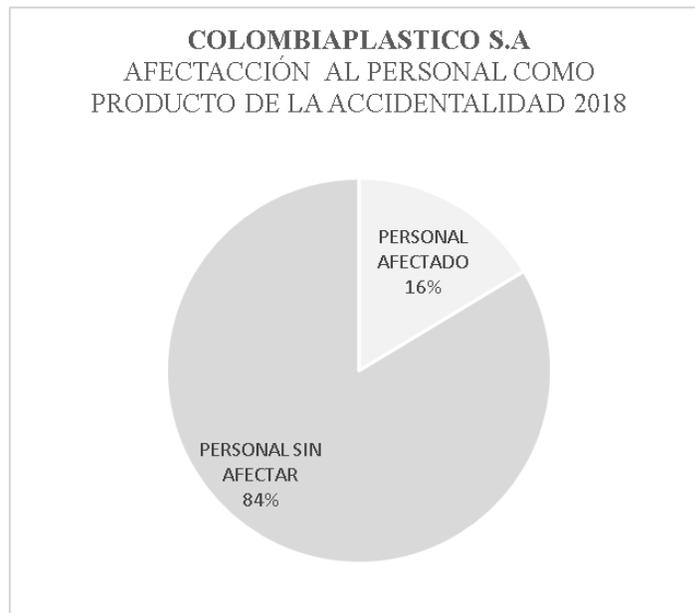
AREA	TRABAJADOR	CARGO	DÍAS ASUENTISMO
SELLADO	KEVIN NOE ROMERO RINCON	OPERARIO SELLADORA	185
SELLADO	GLORIA AMPARO MEJIA ORTIZ	OPERARIO SELLADORA	138
SELLADO	JESUS MARIA MONTOYA MONTOYA	OPERARIO SELLADORA	60
SELLADO	JULIAN DAVID CAICEDO HINCAPIE	OPERARIO SELLADORA	16
SELLADO	ALEJANDRO RODRIGUEZ CARDONA	OPERARIO SELLADORA	15
SELLADO	SINDY BEATRIZ AGUIRRE SERNA	OPERARIO SELLADORA	14
SELLADO	LEIDY YULIANA HERRERA LAVERDE	PATINADORES	11
SELLADO	DANIEL LOPEZ ARANGO	MAQUINISTA	1
SELLADO	JULIAN ANDRES QUINTERO BUILES	MANTENIMIENTO SELLADO	5
TOTAL DE AUSENTISMO MAQUINA ZENER			445

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 3 se observan 9 eventos relacionados con el riesgo de atrapamiento en el área de sellado específicamente en la maquina ZENER 01 en el año 2018, los cuales se traducen en 445 días de ausentismo como producto de la incidencia de la accidentalidad en el impacto de la salud del personal en el área. Los datos asociados a la tabla evidencian claramente el impacto en la salud de los trabajadores, el cual se ve reflejada en la ocurrencia de accidentalidad y en los prolongados tiempos de incapacidad.

El área de sellado cuenta con una población de 55 personas, las cuales se dividen en 36 operarios, 10 personas de mantenimiento, 6 maquinistas y 3 patinadores. Teniendo en cuenta que el número de accidentados para el 2018 fueron 9 personas se pudo identificar que el impacto de la accidentalidad sobre el recurso humano como producto de los eventos asociados al atrapamiento fue de un 16% sobre la totalidad de la población.

Ilustración 7 Porcentaje población afectada por accidentalidad 2018



Fuente: Elaboración propia

El impacto económico de la accidentalidad sobre la organización se midió teniendo en cuenta el valor de los días de incapacidad por empleado accidentado, lo cual tiene un factor de variabilidad según el tipo de cargo que desempeña en el área ya que los valores devengados por los operarios, patinadores, maquinistas y personal de mantenimiento son diferentes. Adicionalmente el valor día se calculó teniendo en cuenta el sueldo más el factor prestacional ya que ese sería el costo real que debe asumir la empresa por las ausencias laborales.

Tabla 4. Salario promedio entre 2018 y 2020 área sellado

SALARIOS ÁREA SELLADO			
CARGO	SALARIO	SALARIO +FACT. PREST	VALOR DÍA
OPERARIO	\$ 1.900.000	\$ 2.964.000	\$ 98.800
MAQUINISTA	\$ 1.700.000	\$ 2.652.000	\$ 88.400
PATINADOR	\$ 1.400.000	\$ 2.184.000	\$ 72.800
MANTENIMIENTO	\$ 2.300.000	\$ 3.588.000	\$ 119.600

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Costo e impacto asociado a la accidentalidad por atrapamiento en 2018

DÍAS DE INCAPACIDAD POR CARGO 2018			
CARGO	DÍAS	VALOR DÍA	VALOR INCAPACIDAD
OPERARIO	428	\$ 98.800	\$ 42.286.400
MAQUINISTA	1	\$ 88.400	\$ 88.400
PATINADOR	11	\$ 72.800	\$ 800.800
MANTENIMIENTO	5	\$ 119.600	\$ 598.000
TOTAL			\$ 43.773.600

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el filtro por cargo para determinar valores de incapacidad se obtuvo que el costo de la accidentalidad para el año 2018 fue de \$ 43.773.500 para la compañía, lo cual se traduce en un efecto negativo para el área debido al costo tan elevado con el que se relaciona la accidentalidad.

- **Accidentalidad 2019**

Tabla 6. Ausentismo 2019

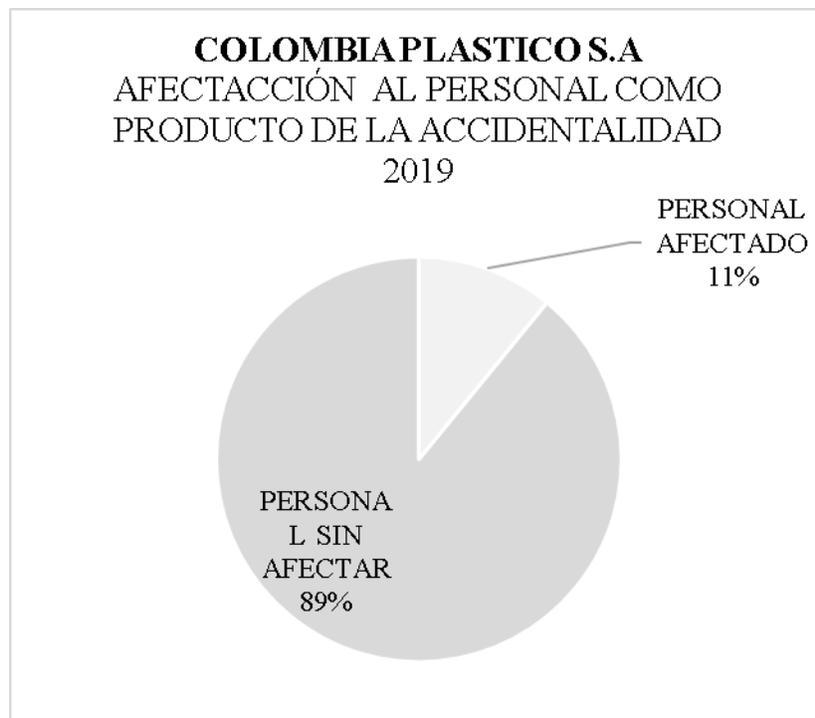
ACCIDENTALIDAD ZENER 01 2019			
AREA	TRABAJADOR	CARGO	DÍAS ASUENTISMO
SELLADO	MARIA CRISTINA GRANADOS HERNANDEZ	OPERARIO SELLADORA	1
SELLADO	JUAN CARLOS LONDOÑO MORALES	OPERARIO SELLADORA	21
SELLADO	DIANA SIRLEY MARIN PEREZ	OPERARIO SELLADORA	3
SELLADO	LIDERMAN BURITICA OSPINA	MAQUINISTA	2
SELLADO	OSCAR MAURICIO ALVAREZ RESTREPO	MANTENIMIENTO SELLADO	2
SELLADO	EILER OSPINO QUINTERO	MANTENIMIENTO SELLADO	2
TOTAL AUSENTISMO MAQUINA ZENER			31

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 6 se observan 6 eventos relacionados con el riesgo de atrapamiento en el área de sellado específicamente en la maquina ZENER 01 en el año 2019, los cuales se traducen en 31 días de ausentismo como producto de la incidencia de la accidentalidad en el impacto de la salud del personal en el área. Los datos asociados a la tabla evidencian claramente el impacto en la salud de los trabajadores, el cual se ve reflejada en la ocurrencia de accidentalidad y en los prolongados tiempos de incapacidad.

Teniendo en cuenta las 55 personas que conforma el área de sellado y que el número de accidentados para el 2019 fueron 6 personas, se pudo identificar que el impacto de la accidentalidad sobre el recurso humano como producto de los eventos asociados al atrapamiento fue de un 11% sobre la totalidad de la población.

Ilustración 8 Porcentaje población afectada por accidentalidad 2019



Fuente: Elaboración propia

El impacto económico de la accidentalidad sobre la organización se midió teniendo en cuenta la Tabla 4 denominada como Salario promedio entre 2018 y 2020 área sellado y la tabla 7, en la cual se identificaron costos de la accidentalidad en el año 2019 de acuerdo a cada uno de los cargos inmersos en eventos por atrapamientos.

Tabla 7. Costo e impacto asociado a la accidentalidad por atrapamiento en 2019

DÍAS DE INCAPACIDAD POR CARGO 2019			
CARGO	DÍAS	VALOR DÍA	VALOR INCAPACIDAD
OPERARIO	25	\$ 98.800	\$ 2.470.000
MAQUINISTA	2	\$ 88.400	\$ 176.800
MANTENIMIENTO	4	\$ 119.600	\$ 478.400
TOTAL			\$ 3.125.200

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el filtro por cargo para determinar valores de incapacidad se obtuvo que el costo de la accidentalidad para el año 2019 asociada al atrapamiento en maquina ZENER 01 fue de \$ 3.125.200 para la compañía.

- **Accidentalidad 2020**

Tabla 8. Ausentismo 2020

ACCIDENTALIDAD ZENER 01 2020			
AREA	TRABAJADOR	CARGO	DÍAS ASUENTISMO
SELLADO	DIEGO FERNANDO BOTERO VELASQUEZ	OPERARIO SELLADORA	17
SELLADO	VIVIANA PATRICIA HERRERA JARAMILLO	OPERARIO SELLADORA	35
SELLADO	JHONNATTAN RUIZ LOPEZ	OPERARIO SELLADORA	2
SELLADO	DORA INES MONTOYA LOPEZ	PATINADORES	1
SELLADO	EILER OSPINO QUINTERO	MANTENIMIENTO SELLADO	1
TOTAL AUSENTISMO MAQUINA ZENER			56

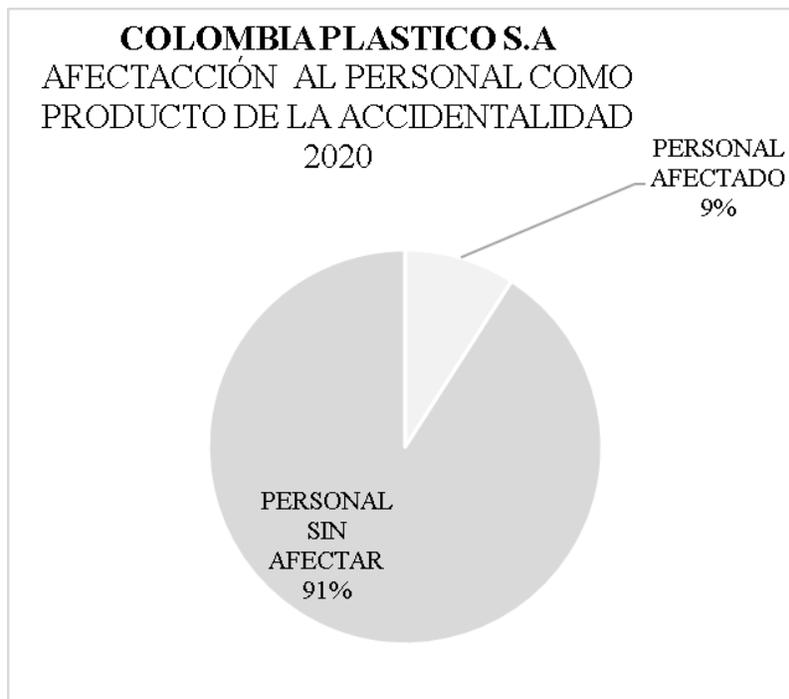
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 8 se observan 5 eventos relacionados con el riesgo de atrapamiento en el área de sellado específicamente en la maquina ZENER 01 en el año 2020, los cuales

se traducen en 56 días de ausentismo como producto de la incidencia de la accidentalidad en el impacto de la salud del personal en el área. Los datos asociados a la tabla evidencian claramente el impacto en la salud de los trabajadores, el cual se ve reflejada en la ocurrencia de accidentalidad y en los prolongados tiempos de incapacidad.

Teniendo en cuenta las 55 personas que conforma el área de sellado y que el número de accidentados para el 2020 fueron 5 personas, se pudo identificar que el impacto de la accidentalidad sobre el recurso humano como producto de los eventos asociados al atrapamiento fue de un 9% sobre la totalidad de la población.

Ilustración 9. Porcentaje población afectada por accidentalidad 2020



Fuente: Elaboración propia

El impacto económico de la accidentalidad sobre la organización se midió teniendo en cuenta la Tabla 4 denominada como Salario promedio entre 2018 y 2020 área sellado y la tabla 9, en la cual se identificaron costos de la accidentalidad en el año 2019 de acuerdo a cada uno de los cargos inmersos en eventos por atrapamientos.

Tabla 9. Costo e impacto asociado a la accidentalidad por atrapamiento en 2020

DÍAS DE INCAPACIDAD POR CARGO 2020			
CARGO	DÍAS	VALOR DÍA	VALOR INCAPACIDAD
OPERARIO	54	\$ 98.800	\$ 5.335.200
PATINADOR	1	\$ 72.800	\$ 72.800
MANTENIMIENTO	1	\$ 119.600	\$ 119.600
TOTAL			\$ 5.527.600

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el filtro por cargo para determinar valores de incapacidad se obtuvo que el costo de la accidentalidad para el año 2020 asociada al atrapamiento en maquina ZENER 01 fue de \$ 5.527.600 para la compañía.

De acuerdo con (SAMCO INGENIERÍA, 2021), la cual fue seleccionada como proveedor de los sensores de blanking fijo y flotante para la adquisición de sistemas de seguridad en maquinaria para la máquina ZENER 01 debido a su soporte técnico, experiencia y calidad de producto, la inversión asociada sería de 9587 USD, lo cual según la TRM del día de realización del presente trabajo \$ 3.786,05 (BANCO DE LA REPUBLICA, 2021), representa \$ 36,296,861.4 pesos colombianos.

El sistema de sensores este compuesto por un relé de seguridad, el cual tiene como función garantizar que el sistema de la cortina óptica de seguridad o sensor no vaya a fallar en operación o que en el caso de sufrir una avería o percibir una posible falla, inmediatamente el relé detenga de forma permanente el equipo con el fin de garantizar todo el tiempo el concepto de seguridad en máquina. Adicionalmente la cotización tiene asociada 2 set o puestos de cortinas ópticas de seguridad marca SCHMERSAL, las cuales irán instaladas en el lado operario y lado opuesto operario con el objetivo de poder asegurar ambos lados del equipo y garantizar la no intromisión del personal al equipo mientras se encuentre en movimiento y finalmente cuenta con dos cables conectores, los cuales estarán directamente ligados a la parte eléctrica del equipo para realizar la respectiva instalación de todo el sistema de seguridad.

8. Análisis de resultados

Teniendo en cuenta el desarrollo del presente trabajo de grado y la ejecución inicial del diagnóstico de riesgo mecánico bajo la normatividad ISO 13849 asociado a la maquina selladora ZENER 01, se pudo identificar la criticidad de las condiciones de operación bajo las cuales opera la maquina ZENER 01 en función del riesgo de atrapamiento y se evidenció que el equipo a pesar de ser la máquina más operada y productiva en el área de sellado, cuenta con todos sus elementos mecánicos totalmente desprotegidos desde el concepto de seguridad en máquina, lo cual evidencia el contacto directo del personal con los módulos de producción, los cuales cuentan con selladores, rodillo pisadores y jaladores. El contacto entre los trabajadores de producción y los elementos mecánicos se presenta por comportamiento y condición insegura, sin embargo la empresa debe garantizar que el riesgo latente de atrapamiento se mantenga controlado incluso aunque se presente comportamiento inseguro asociado a la intromisión en maquina en movimiento, por lo tanto es fundamental y se hace necesario la instalación de sensores o cortinas ópticas de seguridad que proporcionen el concepto de seguridad en máquina y eliminen el riesgo de atrapamiento.

La matriz de accidentalidad asociada a la empresa del sector del plastico permitió inicialmente cuantificar el número de accidentados para los años 2018,2019 y 2020, lo cual en compañía del conocimiento total de la población del área de sellado donde se encuentra ubicada la maquina ZENER 01 evidenció que en el año 2018 el 16% del personal se vio

afectado por eventos asociados con atrapamiento, en el año 2019 el 11% y en el 2020 el 9%, lo cual indica el fuerte impacto de la accidentalidad por eventos de atrapamiento en las condiciones de salud ya que según (CLIMACO BOTERO,2021) quien se desempeña en el cargo de jefe de SST de la empresa del sector del plástico, indica que el objetivo es que máximo el 3 % de la población de sellado se vea afectada por eventos en máquina, por tal motivo los indicadores evidencian un efecto negativo sobre las condiciones de salud del recurso humano.

Posteriormente la matriz de accidentalidad en conjunto con el valor del salario de las personas que intervienen la maquina ZENER 01 denominados como operarios, maquinistas, patinadores y personal de mantenimiento permitieron cuantificar el costo de los días de incapacidad que debía asumir la compañía como consecuencia de los accidentes por atrapamiento, los cuales indicaron un costo para el año 2018 de \$ 43.773.600, para el año 2019 de \$ 3.125.200 y de \$ 5.527.600 para el año 2020, lo cual representó un costo total de \$ 52.426.400 evidenciando un impacto económico negativo sobre el área de sellado y sobre el área financiera de la compañía en general.

La falta de sistemas de seguridad en maquina implica tener asociado a la producción costos económicos muy altos e impactos negativos sobre la salud del recurso humano, por tal motivo y siguiendo las recomendaciones del diagnóstico de riesgo mecánico se hace indispensable la implementación de sensores o barreras ópticas de seguridad, las cuales según (SAMCO INGENIERÍA, 2021), tienen un valor de \$ 36,296,861.4 pesos colombianos.

Realizando una comparación entre el costo de la accidentalidad en los años 2018, 2019 y 2020 relacionado en concepto de \$ 52.426.400 y el valor de la implementación de los sensores o barreras ópticas de seguridad relacionada en un valor de \$ 36,296,861.4 se puede evidenciar que ha sido mucho más costoso en términos económicos la accidentalidad que la implementación de seguridad en máquina, incluso se pudo observar que se presentó un sobre costo de \$ 16,129,538.6, adicionalmente con la implementación de las barreras ópticas se garantiza la no intromisión del personal hacia el interior de la maquina en movimiento, eliminado el riesgo de atrapamiento y el contacto directo del personal con elementos mecánicos en movimiento, asimismo se garantizaría el cumplimiento del objetivo planteado por la empresa en función del porcentaje máximo de afectación del personal por accidentalidad enmarcado en un máximo de 5%, el cual sería muy inferior con una tendencia a cero.

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

De acuerdo con el desarrollo del presente trabajo de investigación se obtuvieron las siguientes conclusiones

- Como resultado del desarrollo del diagnóstico de riesgo mecánico bajo la metodología ISO 13849 ejecutado en maquina ZENER 01, se pudo evidenciar los vacíos asociados a la seguridad en maquina presente en los equipos relacionados

con el área de sellado de la compañía del sector del plástico, en los cuales la exposición al riesgo es permanente, lo cual representa para los empleados una posibilidad muy amplia de materializar accidentes por atrapamiento, lo cual implica realizar un revisión exhaustiva de la importancia de materializar de forma rápida y pertinente una materialización de la implementación de sistemas de seguridad en máquina.

- La revisión de matriz de accidentalidad permitió dar a la presente investigación dos enfoques claves para el desarrollo de la misma, los cuales fueron el impacto de la accidentalidad sobre el recurso humano, el cual fue representado en porcentaje y el impacto económico de los eventos por atrapamiento en la organización, lo cual evidencio el alto número de días asociados a la accidentalidad y los altos costos asociados, por lo tanto se pudo percibir la complejidad de la situación actual de la compañía en función del riesgo de atrapamiento y sus indicadores adversos para la compañía.
- La accidentalidad sobrepaso las metas establecidas por la compañía en función del porcentaje de la población que se puede ver afectada por el riesgo de atrapamiento y adicionalmente el costo asociado de los eventos estuvo muy por encima del costo de la implementación de sistemas de seguridad en máquina y como consecuencia se puede evidenciar que la empresa no tiene un control ni mecanismos de respuesta ante el riesgo de atrapamiento, por lo tanto, el presente trabajo de investigación es una herramienta fundamental para comenzar a realizar implementación de barreras

ópticas y poder realizar un control de la seguridad en maquina desde un enfoque al recurso humano y económico.

- El presente trabajo de investigación evidencia la importancia de la implementación de sistemas de seguridad en máquinas desde el aspecto económico y del recurso humano debido a los impactos positivos que se percibirían posterior a una instalación de barreras ópticas o sensores, lo cual efectivamente se debe analizar desde una inversión para la compañía y no como un gasto tal y como se analiza a nivel empresarial en la gran mayoría de industrias del sector del plástico.

9.2 Recomendaciones

- Es necesario que la industria comience a realizar implementaciones relacionadas con la seguridad en maquina visualizada como una inversión, teniendo en cuenta las implicaciones positivas que traen dichos elementos a los procesos desde el aspecto productivo y de seguridad.
- La actualización o repotenciación de la maquinaria es fundamental para comenzar a realizar controles físicos y de la condición con respecto a los riesgos de atrapamiento en la maquinaria, por tal motivo la adquisición de nuevas tecnologías se hace necesario a nivel industrial para comenzar a realizar controles duros y efectivos, los cuales estén por encima de las posibles fallas conductuales del comportamiento humano.

- El presente trabajo de investigación estuvo enfocado exclusivamente a los datos de la maquina ZENER 01 del área de sellado de la empresa del sector del plastico y como consecuencia los resultados y la implementación se enfoca en el mismo equipo, sin embargo, se recomienda replicar esta misma propuesta para todas las máquinas del área, teniendo en cuenta que mecánicamente cuentan con condiciones muy similares y así poder lograr un proceso de producción seguro.

Lista de referencias

- Santiago López Muñoz, C. M. (2021). *Identificación de hallazgos diagnóstico riesgo mecánico*. Medellín.
- ARL SURA. (2019). *arlsura.com*. Obtenido de arlsura.com:
https://arlsura.com/files/2018/fichas-de-prevencion-pdf/3.infografico_atrapamiento.pdf
- BOTERO, C. (3 de Junio de 2021). Entrevista con Jefe de SST empresa del sector del plástico . (C. C. Santiago López Muñoz, Entrevistador)
- Superintendencia de Riesgo del Trabajo. (03 de 06 de 2016). <https://www.srt.gob.ar/>.
Obtenido de <https://www.srt.gob.ar/>: https://www.srt.gob.ar/wp-content/uploads/2016/11/Ficha-tecnica_Atrapamiento_2016.pdf
- Bonilla Giraldo, C. A. (2016). *Diseño de sistema de seguridad para máquinas automáticas de aplicación de insumos de confección y marroquinería*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59082>
- Chamochumbi Barrueto, C. M. (2014). *Seguridad e higiene industrial*.
- Cortes Diaz, J. M. (2001). *Seguridad e Higiene del Trabajo, Técnicas de prevención de riesgos laborales* (3ª edición). ALFAOMEGA.
- Cruz Carvajal, F. J., & Silva Gomez, U. H. (2020). *Rediseño de máquina colaminadora para la fabricación de papel corrugado*. 106.

EN ISO 12100. Guía para la fabricación de máquinas seguras—Pilz MX. (2021, junio).

<https://www.pilz.com/es-MX/support/knowhow/law-standards-norms/iso-standards/mechanic-construction/en-iso-12100>

Enfoques-y-estrategias-de-investigacion4.pdf. (s. f.). Recuperado 12 de septiembre de

2021, de <https://www.javeriana.edu.co/blogs/mlgutierrez/files/Enfoques-y-estrategias-de-investigacion4.pdf>

Farías Garrido, M. L. (2018). *PROYECTO DE MODIFICACIÓN DE SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA MAQUINA CIGARRERA.*

<https://repositorio.usm.cl/handle/11673/43793>

Gallegos, W. L. A. (s. f.). *REVISIÓN HISTÓRICA DE LA SALUD HISTORICAL REVIEW ABOUT OCUPACIONAL Y LA SEGURIDAD OCCUPATIONAL HEALTH AND INDUSTRIAL INDUSTRIAL SAFETY.* 9.

Gonzalez, E. M. G. (2016). *PROPUESTA PARA MINIMIZAR LOS MODOS DE ACCESIBILIDAD Y RIESGOS EXTREMOS EN SEGURIDAD DE MÁQUINAS DE LA FÁBRICA DPA- VALLEDUPAR.* 16, 96.

Gornemann, O. (2017, junio 26). *Congreso de Seguridad, Salud y Ambiente- MAQUINARIA SEGURA CON NORMAS INTERNACIONALES.*

ISO Organization for Standardization. (2015). *ISO 13849-1:2015.* ISO.

<https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/06/98/69883.html>

- Jervis, T. M. (2017, mayo 4). Investigación correlacional: Características, tipos y ejemplos. *Lifeder*. <https://www.lifeder.com/investigacion-correlacional/>
- Jhon William Noguera Ramírez, & Solarte Montenegro, A. D. (2019). Modernización de máquina centrifugadora para la fabricación de bujes de hierro gris en la empresa Metalex S.A.S. *instname:Universidad Autónoma de Occidente*.
<http://hdl.handle.net/10614/11197>
- Lizarazo, C., Fajardo, J., Berrio, S., & Quintana, L. (2021). *Breve historia de la salud ocupacional en Colombia*.
- MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. (1979, mayo 22).
RESOLUCIÓN 2400 DE 1979. <http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf>
- Ministerio del Trabajo. (2015). *DECRETO NÚMERO 1072 DE 2015*.
<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR+Sector+Trabajo+Actualizado+a+15+de+abril++de+2016.pdf/a32b1dcf-7a4e-8a37-ac16-c121928719c8>
- Pallares, H. N., Acosta, S. V., Forero, J. E. D., & Montenegro, R. (2017). *Implementación de un banco para pruebas en motor Diésel monocilíndrico con aplicaciones investigativas*. 22(4), 12.
- Pérez Avegno, H. G., & Reinoso Zamora, M. A. (2018). *Desarrollo de prototipo de banco de prueba de automatización para la implementación de seguridad en maquinarias en líneas de proceso industrial aplicando la norma ISO 13849-1*
[Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas.

- Carrera de Ingeniería En Networking y Telecomunicaciones].
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33437>
- PILZ THE SPIRIT OF SAFETY. (2021, junio). *Blanking—Pilz MX*.
<https://www.pilz.com/es-MX/lexicon/blanking>
- Reer. (2021, septiembre 12). *ReeR - ISO 13849-1 PL*. www.reersafety.com.
<https://www.reersafety.com/us/es/safety-guide/safety-in-the-working-environment/iso-13849-1-pl>
- Res.2400-1979.pdf*. (s. f.). Recuperado 23 de junio de 2021, de
<http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf>
- Solis cordova, L. A. (2018). *Implementación de los sistemas de seguridad funcional para una célula de fabricación flexible*. <https://idus.us.es/handle/11441/81880>
- Universidad de Alcalá. (2018, julio 23). ¿Qué es la investigación cuantitativa? *Master en Finanzas Cuantitativas: Universidad de Alcalá - Madrid*. <https://www.master-finanzas-cuantitativas.com/que-es-investigacion-cuantitativa/>
- Ureña Aguirre, J. del P. (2015). *Los riesgos mecánicos y su incidencia en los accidentes por atrapamiento y aplastamiento en la Empresa Fundimega S.A.*
<https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/12212>
- Velásquez Valdivieso, J. E. (2018). *Diseño de un programa de gestión técnica de riesgo mecánico, en función de la ISO 13857.2008, para mejorar las condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional, del proceso productivo en el área de molinos del grupo Familia*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4698>

AENOR. (Septiembre de 2016). *www.en.aenor.com*. Obtenido de *www.en.aenor.com*:

<https://www.en.aenor.com>

ARL SURA. (12 de Abril de 2012). *www.arlsura.com*. Obtenido de *www.arlsura.com*:

<https://www.arlsura.com/files/riesgomecanico-alimentos.pdf>

ARL SURA. (4 de Octubre de 2021). *arlsura.com*. Obtenido de *arlsura.com*:

https://arlsura.com/files/2018/fichas-de-prevencion-pdf/3.infografico_atrapamiento.pdf

BANCO DE LA REPUBLICA. (4 de Octubre de 2021). *www.banrep.gov.co*. Obtenido de

www.banrep.gov.co: <https://www.banrep.gov.co/es/estadisticas/trm>

PEPPERL-FUCHS. (4 de Octubre de 2021). *www.pepperl-fuchs.com*. Obtenido de *www.pepperl-*

fuchs.com: <https://www.pepperl-fuchs.com/spain/es/12457.htm>

PLIZ. (2021 de Octubre de 2021). *www.pilz.com*. Obtenido de *www.pilz.com*:

<https://www.pilz.com/es-ES/lexicon/blanking>

SAMCO INGENIERÍA. (2021). *Cotización sensores máquina se lladora ZENER 01*. Medellín:

SAMCO.

Santiago López Muñoz, C. M. (2021). *Identificación de hallazgos diagnóstico riesgo mecánico*.

Medellín.

UNICEN. (4 de Octubre de 2021). *www.fio.unicen.edu.a*. Obtenido de *www.fio.unicen.edu.a*:

<https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/Laura/material/Mec%20nico.pdf>

Anexos

Anexo 1. Características técnicas barreras ópticas



SLC420-E/R0650-30-RFB

- Protección IP67
- Resolución 14, 30 y 50 mm
- Tipo de seguridad 4 según IEC 61496-1
- Altura de campo de protección desde 170 mm ... 1770 mm

Datos

Detalles de Pedidos

Descripción del tipo de producto	SLC 420-E/R0650-30-RFB
Número de artículo (Nº artículo)	101206682
EAN (European Article Number)	4030661461137
Número eCl@ss, versión 9.0	27-27-27-04
	27-27-27-04

Aprobaciones - Normas

Certificados	TÜV cULus EAC
--------------	---------------------

Propiedades Globales

Descripción del producto	Cortina óptica de seguridad SLC 420
Normas	IEC/EN 61496-1/-2
Material de la caja	Aluminio
Peso bruto	3.070 g
Tiempo de reacción, máximo	10 ms

Datos generales - Características

Rearme/rearranque manual	Sí
Codificación de haz	Sí
Función de supresión	Sí
Indicador integrado, estado	Sí
Indicador integrado, diagnóstico	Sí

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Número de haces	32
Cantidad de salidas digitales seguras	2

Certificación de seguridad

Normas, normas	ISO 13849-1 IEC 61508
Nivel de prestaciones (PL) hasta	e
Categoría de control según EN 13849	4
Valor PHF	$6,19 \times 10^{-9}$ /h
Safety Integrity Level (SIL), adecuado en	3
Vida útil	20 Año(s)
Tipo de seguridad según IEC 61496-1	4

Datos mecánicos

Capacidad de detección de detección de varillas de prueba con $v = 1,6$ m/s	30 mm
Altura del campo de protección	650 mm
Alcance, campo de protección, mínimo	300 mm
Alcance, campo de protección, máximo	10.000 mm
Longitud de onda del sensor	880 nm

Mechanical data - Connection technique

Conexión conector	Conector
Conector, receptor	Conector empotrado M12, 8-polos
Conector, emisor	Conector empotrado M12, 4-polos
Longitud del cable conectable, máxima	100 m

Datos mecánicos - Dimensiones

Diámetro del sensor	49 mm
Altura del sensor	735 mm

Condiciones ambientales

Protección	IP 67 según IEC/EN 60529
Temperatura ambiente, mínima	-10 °C
Temperatura ambiente, máxima	+50 °C
Temperatura de almacén y de transporte, mínima	-25 °C
Temperatura de almacén y de transporte, máxima	+70 °C
Grado de protección.	III

Datos eléctricos

Tipo de tensión	DC (tensión continua)
-----------------	-----------------------

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Tensión de conmutación OSSD, señal HIGH	24 V
Consumo de potencia eléctrica del receptor	8 W
Consumo de potencia eléctrica del emisor	4 W

Electrical data - Fail-safe digital outputs

Corriente de salida (salida seguridad), máxima	0,5 A
Versión	Tipo p

Incluido en el suministro

Incluido en el suministro	Kit con 2 escuadras de montaje
---------------------------	--------------------------------

Accesorios

Recomendación interruptor de seguridad	SRB-E 301
--	-----------

Notes

Nota (en general)	$I_{m} _m$ W przypadku awarii (przerwania zasilania 0 V) maksymalny prąd upływowy wynosi 1 mA.
-------------------	--

Código de pedidos

Descripción del tipo de producto:

SLC 420-E/R(1)-(2)-RFB-(3)(4)

(1)

0170	Altura del campo de protección 170 mm
0250	Altura del campo de protección 250 mm
0330	Altura del campo de protección 330 mm
0410	Altura del campo de protección 410 mm
0490	Altura del campo de protección 490 mm
0570	Altura del campo de protección 570 mm
0650	Altura del campo de protección 650 mm
0730	Altura del campo de protección 730 mm
0810	Altura del campo de protección 810 mm
0890	Altura del campo de protección 890 mm
0970	Altura del campo de protección 970 mm
1050	Altura del campo de protección 1050 mm
1130	Altura del campo de protección 1130 mm
1210	Altura del campo de protección 1210 mm
1290	Altura del campo de protección 1290 mm
1370	Altura del campo de protección 1370 mm
1450	Altura del campo de protección 1450 mm
1530	Altura del campo de protección 1530 mm (sólo para resolución 30 mm, 50 mm)

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

1610 Altura del campo de protección 1610 mm (sólo para resolución 30 mm, 50 mm)

1690 Altura del campo de protección 1690 mm (sólo para resolución 30 mm, 50 mm)

1770 Altura del campo de protección 1770 mm (sólo para resolución 30 mm, 50 mm)

(2)

14 Resolución 14 mm

30 Resolución 30 mm

50 Resolución 50 mm

(3)

sin Incluido en la versión standard

M Maestro

S Esclavo (sólo para altura de campo de protección de 170 mm hasta 650 mm)

(4)

sin Alcance 0,3 m ... 7 m (sólo para resolución 14 mm)

sin Alcance 0,3 m ... 10 m (sólo para resolución 30 mm, 50 mm)

H Alcance 0,3 m ... 18 m (sólo para resolución 30 mm)

Imágenes

Foto de producto (foto individual de catálogo)



ID: kslc4f20

| 67,9 kB | .png | 74.083 x 179.564 mm - 210 x 509

Pixel - 72 dpi

| 687,4 kB | .jpg | 257.528 x 625.122 mm - 730 x 1772

Pixel - 72 dpi

Dibujo dimensional Componente básico



ID: 1slc4g03

| 65,5 kB | .jpg | 352.778 x 245.181 mm - 1000 x 695

Pixel - 72 dpi

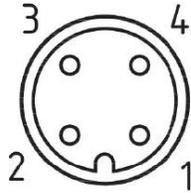
| 5,7 kB | .png | 74.083 x 51.506 mm - 210 x 146 Pixel

- 72 dpi

| 52,1 kB | .cdr |

Esquema de contactos

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)



ID: km12-k4b

| 16,9 kB | .cdr |

K.A. Schmersal GmbH & Co. KG, Möddinghofe 30, D-42279 Wuppertal

Los datos e información anteriores se han verificado cuidadosamente. Las imágenes pueden diferir del original. Se pueden encontrar más datos técnicos en los manuales de instrucciones. Sujeto a cambios técnicos y errores.

Generado a 19.04.2021 23:38:56

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Anexo 2. Características técnicas relé de seguridad



SRB301MC-24V



- 1 Señalización de salida
- 3 contactos de seguridad, STOP 0
- Adecuado para la evaluación de señales en las siguientes aplicaciones salidas de interruptores magnéticos de seguridad
- Adecuado para procesar señales de salidas sujetas a potenciales (AOPD's), por ejemplo: en rejillas y cortinas de Seguridad.
- Apto para procesamiento de señales de dispositivos con salida libre de potencial, p.ej. parada de emergencia, dispositivos de mando, interruptores de posición y bloqueos con solenoide

Datos

Detalles de Pedidos

Descripción del tipo de producto	SRB 301MC-24V
Número de artículo (Nº artículo)	101190684
EAN (European Article Number)	4250116202249
Número eCl@ss, versión 9.0	27-37-18-19
Disponible hasta	31.12.2022

Aprobaciones - Normas

Certificados	TÜV cULus CCC EAC
--------------	----------------------------

Propiedades Globales

Descripción del producto	SRB 301MC
Normas	IEC 61508 IEC/EN 60204-1 ISO 13849-1 EN 60947-5-1
Estrés climático	EN 60068-2-78

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Material de la caja	Plástico reforzado con fibra de vidrio, ventilador
Material de los contactos, eléctricos	AgSn0, Ag-Ni, autolimpiante, guiado monitorizado
Peso bruto	250 g

Datos generales - Características

Categoría de parada: Stop	0
Fusible electrónico	Sí
Detección de roturas de cable	Sí
Detección de cortocircuitos entre hilos	Sí
Entrada de inicio/arranque	Sí
Circuito de realimentación	Sí
Función de rearme/rearranque automático	Sí
Detección de cortocircuito a tierra	Sí
Indicador integrado, estado	Sí
Cantidad de contactos auxiliares	1
Cantidad de LED's	4
Cantidad de contactos NC	2
Cantidad de contactos de seguridad	3

Certificación de seguridad

Normas, normas	EN 60947-5-1 IEC 61508
----------------	---------------------------

Certificación de seguridad - Salidas de relé

Nivel de prestaciones, Stop 0, hasta	e
Categoría de control, Stop 0	4
Diagnostic Coverage (DC) Level, Stop 0	≥ 99 %
Valor PFH, Stop 0	$2,00 \times 10^{-8}$ /h
Safety Integrity Level (SIL), Stop 0, adecuado en	3
Vida útil	20 Año(s)
Common Cause Failure (CCF), mínimo	65

Datos mecánicos

Montaje	Sujeción rápida para carriles normalizados según DIN EN 60715
Vida mecánica, mínima	10.000.000 Maniobras

Mechanical data - Connection technique

Conexión conector	Conexión por tornillos rígido o flexible
Designaciones de los terminales	IEC/EN 60947-1

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Sección del cable, mínima	0,25 mm ²
Sección del cable, máxima	2,5 mm ²
Par de apriete de los bornes	0,6 Nm

Datos mecánicos - Dimensiones

Anchura	22,5 mm
Altura	100 mm
Profundidad	121 mm

Condiciones ambientales

Grado de protección de la carcasa	IP40
Tipo de protección del lugar de instalación	IP54
Grado de protección de los terminales y/o conexiones	IP20
Temperatura ambiente, mínima	-25 °C
Temperatura ambiente, máxima	+60 °C
Temperatura de almacén y de transporte, mínima	-40 °C
Temperatura de almacén y de transporte, máxima	+85 °C
Resistencia a las vibraciones según EN 60068-2-6	10...55 Hz, amplitud 0,35 mm, ± 15 %
Resistencia al impacto	30 g / 11 ms

Ambient conditions - Insulation value

Resistencia al impulso de sobretensión	4 kV
Categoría de sobre-tensión	III
Grado de polución según IEC/EN 60664-1	2

Datos eléctricos

Gama de frecuencias	60 Hz
Tensión nominal operativa	24 VAC -15% / +10% 24 VDC -15% / +20%, ondulación residual máx. 10%;
Tensión de dimensionamiento de alimentación de control con 50 Hz c.a., mínima	20,4 VAC
Tensión de dimensionamiento de alimentación de control con 50 Hz c.a., máxima	26,4 VAC
Tensión de dimensionamiento de alimentación de control con 60 Hz c.a., mínima	20,4 VAC
Tensión de dimensionamiento de alimentación de control con 60 Hz c.a., máxima	26,4 VAC
Tensión de dimensionamiento de alimentación de control con c.c., mínima	20,4 VDC
Tensión de dimensionamiento de alimentación de control con c.c., máxima	28,8 VDC
Consumo de potencia eléctrica	2 W

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Consumo de potencia eléctrica	4,9 VA
Resistencia de los contactos, máxima	0,1 Ω
Nota (resistencia de los contactos)	en estado nuevo
Retardo de desconexión en fallo de alimentación, típico	80 ms
Retardo de desconexión en "Paro de Emergencia", típico	20 ms
Retardo tras señal de inicio/arranque automático, típico	100 ms
Retardo de inicio/arranque con "Pulsador Reset", típico	20 ms

Datos eléctricos - Salidas de relé seguras

Tensión, categoría de utilización AC15	230 VAC
Corriente, categoría de utilización AC15	6 A
Tensión, categoría de utilización DC13	24 VDC
Corriente, categoría de utilización DC13	6 A
Capacidad de conmutación, mínima	10 VDC
Capacidad de conmutación, mínima	10 mA
Capacidad de conmutación, máxima	250 VAC
Capacidad de conmutación, máxima	8 A

Datos eléctricos - Entradas digitales

Resistencia total de circuito, máxima	40 Ω
---------------------------------------	-------------

Datos eléctricos - Salida digital

Tensión, categoría de utilización DC12	24 VDC
Corriente, categoría de utilización DC12	0,1 A

Datos eléctricos - Salidas de relés (Contactos auxiliares)

Capacidad de conmutación, máxima	24 VDC
Capacidad de conmutación, máxima	2 A

Datos eléctricos - Compatibilidad electromagnética (CEM)

Resistencia al ruido eléctrico	Directiva sobre compatibilidad electromagnética CEM
--------------------------------	--

Indicación de estado

Estados de función mostrados	Posición de los relés K2
	Posición de los relés K1
	Tensión de servicio interna U _i

Otros datos

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

Nota (aplicaciones)

Sensor de seguridad
Resguardo de seguridad
Pulsador de Paro de Emergencia
Interruptor de Paro de Emergencia por tracción de cable
Cortina óptica de seguridad

Imágenes

Foto de producto (foto individual de catálogo)



ID: ksr3f20

| 89,3 kB | .png | 74.083 x 147.461 mm - 210 x 418

Pixel - 72 dpi

| 743,3 kB | .jpg | 265.642 x 529.167 mm - 753 x 1500

Pixel - 72 dpi

Ejemplo de cableado

ID: ksr3l18

| 112,8 kB | .jpg | 352.778 x 226.483 mm - 1000 x 642

Pixel - 72 dpi

Símbolo (estandar técnico)

K	n-op/y	t-cycle
20 %	525.600	1,0 min
40 %	210.240	2,5 min
60 %	75.087	7,0 min
80 %	30.918	17,0 min
100 %	12.223	43,0 min

ID: kformm02

| 191,1 kB | .jpg | 352.778 x 246.592 mm - 1000 x 699

Pixel - 72 dpi

K.A. Schmersal GmbH & Co. KG, Möddinghofe 30, D-42279 Wuppertal

Los datos e información anteriores se han verificado cuidadosamente. Las imágenes pueden diferir del original. Se pueden encontrar más datos técnicos en los manuales de instrucciones. Sujeto a cambios técnicos y errores.

Generado a 26/02/2021 18:41:31

Fuente: (SAMCO INGENIERÍA, 2021)

