



**Informe del proceso de diseño de tres proyectos de seguridad hombre-máquina en Pavco,  
Haceb y Smurfit Kappa**

Juan Pablo Echeverri Alzate

Informe de prácticas para optar al título de Ingeniero Mecánico

Asesor

Ricardo Moreno Sánchez, Ph. D. En Mecatrónica

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Departamento de Ingeniería Mecánica  
Medellín  
2023

<b>Cita</b>	(Echeverri J, 2023)
<b>Referencia</b>	Echeverri Alzate, J. P. (2023). <i>Informe del proceso de diseño de tres proyectos de seguridad hombre-máquina en Pavco, Haceb y Smurfit Kappa</i> [Pregrado]. Universidad de Antioquia, Medellín.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Julio César Saldarriaga Molina.

**Jefe departamento:** Pedro León Simanca.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## **Dedicatoria**

Quiero dedicar este informe a mi madre, a mi padre y a mi hermana, quienes siempre han estado ahí para mí y me han brindado todo su apoyo a lo largo de toda mi carrera.

## **Agradecimientos**

Agradezco enormemente a mi familia, por siempre apoyarme y brindarme todo para poder llegar al lugar en el que me encuentro hoy. También, agradezco a los profesores que me ayudaron a lo largo de la carrera e incentivaron mi compromiso y pasión por la ingeniería Mecánica, quiero hacer mención especial al profesor Pedro León, por darme la oportunidad de ser monitor y de participar activamente en eventos relacionados con la carrera y por darme la oportunidad de hablar sobre ella a cientos de estudiantes; al profesor John Ramiro Agudelo, por acogerme en su laboratorio de máquinas térmicas y en el grupo GIMEL al igual que al profesor Andrés López; y al profesor Ricardo Moreno, quien siempre ha sabido cómo motivar a sus estudiantes a dar lo mejor de ellos con su vocación por la enseñanza. Pero, en especial, quiero agradecer a mis amigos, quienes siempre me brindaron una mano, un hombro o todo lo que necesitara para poder seguir adelante en este camino llamado Ingeniería Mecánica y hacer de mi estancia en la universidad algo inolvidable.



## Tabla de contenido

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
1 Objetivos	12
1.1 Objetivo general	12
1.2 Objetivos específicos	12
2 Estado del arte	13
3 Informe de diseño	20
3.1 Sierra línea 7 Pavco Cali	20
3.1.1 Salida de tubos PVC	20
3.1.2 Acceso lateral derecho	22
3.1.3 Acceso lateral izquierdo	24
3.1.4 Entrada de tubos PVC.	25
3.1.5 Sistema de control eléctrico.	27
3.2 Elevador Haceb Pereira	28
3.2.1 Sistema de polipasto.	30
3.2.2 Soporte de polipasto.	31
3.2.3 Sistema de control eléctrico.	32
3.3 Alimentadora de cartón de Smurfit Kappa	36
3.3.1 Sistema de control eléctrico.	40
4 Resultados	41
5 Análisis	46
6 Conclusiones	49
Referencias	51

## Lista de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Diseño 3D sierra</i>	20
<b>Figura 2</b> <i>Zona salida tubos PVC antes del montaje y propuesta.</i>	21
<b>Figura 3</b> <i>Zona salida tubos PVC después del montaje.</i>	21
<b>Figura 4</b> <i>Zona acceso lateral derecho antes del montaje.</i>	22
<b>Figura 5</b> <i>Zona acceso lateral derecho después del montaje.</i>	22
<b>Figura 6</b> <i>Detalle llaves de seguridad AZI6.</i>	23
<b>Figura 7</b> <i>Ejemplo llave de seguridad AZI6.</i>	23
<b>Figura 8</b> <i>Ejemplo Relé de seguridad.</i>	23
<b>Figura 9</b> <i>Acceso lateral izquierdo antes del montaje.</i>	24
<b>Figura 10</b> <i>Acceso lateral izquierdo después del montaje.</i>	24
<b>Figura 11</b> <i>Acceso lateral izquierdo llaves de seguridad.</i>	25
<b>Figura 12</b> <i>Entrada tubos de PVC antes del montaje.</i>	26
<b>Figura 13</b> <i>Entrada tubos de PVC después del montaje.</i>	26
<b>Figura 14</b> <i>Pilotos de indicación.</i>	27
<b>Figura 15</b> <i>Arquitectura eléctrica Sierra 7.</i>	28
<b>Figura 16</b> <i>Pisos 1, 2 y 3 de Haceb.</i>	28
<b>Figura 17</b> <i>Diseño de seguridad 3D.</i>	29
<b>Figura 18</b> <i>Sistema de seguridad polipasto.</i>	30
<b>Figura 19</b> <i>Soporte de polipasto.</i>	31
<b>Figura 20</b> <i>Largueros para estructura.</i>	32
<b>Figura 21</b> <i>Llave de seguridad AZM 415.</i>	33
<b>Figura 22</b> <i>Sensor magnético BNS.</i>	33
<b>Figura 23</b> <i>Final de carrera Z4V7.</i>	34
<b>Figura 24</b> <i>Llave ZQ900.</i>	34
<b>Figura 25</b> <i>Botonera.</i>	35
<b>Figura 26</b> <i>Alimentadora SYS estado actual.</i>	36
<b>Figura 27</b> <i>Alimentadora SYS Diseño 3D.</i>	37
<b>Figura 28</b> <i>Alimentadora SYS Propuesta de seguridad Diseño 3D.</i>	38
<b>Figura 29</b> <i>Guarda de seguridad retráctil.</i>	39

<b>Figura 30</b> <i>Cilindro retráctil modelo 3D y modelo real.</i>	39
<b>Figura 31</b> <i>Arquitectura eléctrica Alimentadora.</i>	40
<b>Figura 32</b> <i>Resultados de análisis de elementos finitos.</i>	42
<b>Figura 33</b> <i>Esfuerzo de Von Mises.</i>	42
<b>Figura 34</b> <i>Deformación máxima.</i>	43
<b>Figura 35</b> <i>Factor de seguridad.</i>	43
<b>Figura 36</b> <i>Proceso de diseño de seguridad de Samco Ingeniería.</i>	48

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>ISO</b>	Organización Internacional de Normalización
<b>IEC</b>	International Electrotechnical Commission
<b>Ph. D</b>	Philosophiae Doctor
<b>NTC</b>	Norma Técnica Colombiana
<b>MPa</b>	Mega Pascales
<b>mm</b>	Milímetros

## Resumen

Samco Ingeniería es una empresa especializada en soluciones electromecánicas, automatización y seguridad hombre máquina, con más de 15 años de experiencia. La empresa se encarga de distribuir y utilizar dispositivos de seguridad de la marca Schmersal Ace, y es contratada por grandes empresas para ofrecer soluciones en estos temas. Actualmente, Samco Ingeniería está diseñando tres proyectos en sistemas de seguridad para las empresas Pavco, Haceb y Smurfit Kappa. Estos proyectos requieren análisis de riesgo, soluciones de diseño, fabricación y montaje de sistemas de seguridad. El informe que se presentará en el documento abordará el estado del arte sobre la normativa a seguir en proyectos de seguridad hombre máquina, los dispositivos de seguridad a usar, y proporcionará información sobre el proceso de diseño de ingeniería de los tres proyectos mencionados. Todo esto se hace teniendo en cuenta que la seguridad de los trabajadores es de suma importancia en cualquier empresa.

*Palabras clave: seguridad, hombre, máquina, dispositivos, diseño, ingeniería, proyectos, automatización, electromecánica.*

### **Abstract**

Samco Ingeniería is a company specialized into bringing electromechanical and automatical solutions, and in man – machine security, with more than 15 years of experience. The company is in charge of the distribution and utilization of security devices from the brand called Schmersal Ace, and is hired by big enterprises to offer solutions on these topics. Currently, Samco Ingeniería is designing three projects in security systems for the companies Pavco, Haceb and Smurfit Kappa. These projects requires risk analysis, design solutions and security devices fabrication and assembly. Then, the present document will show the state of the art about the normative used in man machine security projects, the devices to use, and it will provide the information about the engineering design process of the three mentioned projects. Al lof this it is made having into a account that the employees security is a utmos importance topic in every company.

*Keywords: security, man, machine, devices, design, engineering, projects, automatization, electromechanical.*

## **Introducción**

Samco Ingeniería es una empresa dedicada a la implementación de soluciones electromecánicas, de automatización y de soluciones en seguridad hombre máquina, con más de 15 años de experiencia, la cual se encarga a su vez de distribuir y utilizar dispositivos de seguridad de la marca Schmersal Ace. Por tanto, es comúnmente contratada por grandes empresas para que les ofrezca soluciones sobre estos temas, en especial sistemas de seguridad hombre-máquina, ya que la seguridad de los trabajadores es un asunto de suma importancia en todo tipo de empresa y esta siempre debe primar sobre otros elementos en cuestión. Es por esta razón que al momento Samco Ingeniería se encuentra diseñando tres proyectos en sistemas de seguridad para las empresas Pavco, Haceb y Smurfit Kappa, específicamente una sierra para Pavco Cali línea de producción de tubería 7, un elevador de carga para Haceb sucursal Pereira y una Alimentadora de cartón para Smurfit Kappa, en los cuales debe de realizar análisis de riesgo de las máquinas a mejorar, proponer soluciones, diseñarlas, fabricarlas y realizar el montaje de estas mismas; proyectos en los cuales se debe de tener en cuenta una serie de normativas, las cuales delimitan los alcances de seguridad y los procedimientos a seguir, además de todo el resto de consideraciones que se deben de hacer al momento de diseñar un sistema de seguridad. Es por todo esto, que en el informe que se hará, se realizará un estado del arte sobre la normativa a seguir en proyectos de seguridad hombre-máquina, sobre los dispositivos de seguridad a usar, además de proporcionar toda la información sobre cómo es el proceso de diseño de ingeniería de estos tres proyectos

## **1 Objetivos**

### **1.1 Objetivo general**

Realizar el informe de diseño de tres proyectos de seguridad hombre-máquina para las empresas Pavco sede Cali, Haceb sucursal Pereira y Smurfit Kappa.

### **1.2 Objetivos específicos**

- Realizar estado del arte sobre la normativa a seguir en sistemas de seguridad hombre-máquina y dispositivos de seguridad para este tipo de aplicación, mediante el estudio de al menos 10 fuentes bibliográficas.
- Analizar la implementación de Samco Ingeniería de esta normativa en los sistemas de seguridad hombre-máquina en los tres proyectos de diseño.
- Proponer y/o analizar el procedimiento general de diseño para Samco Ingeniería según la ejecución actual de los tres proyectos de seguridad hombre-máquina.

## **2 Estado del arte**

La seguridad en las máquinas es un tema de suma importancia en la industria moderna, puesto que, con el uso de maquinaria en casi todos los procesos de producción, el hecho de conocer sobre la seguridad en el diseño, el uso y el mantenimiento de las máquinas con el fin de proteger a los trabajadores y así evitar lesiones o accidentes en el lugar de trabajo. Es por esto que las normas de seguridad en máquinas se han establecido en muchos países para garantizar que los fabricantes cumplan con ciertos requisitos mínimos de seguridad en el diseño y fabricación de maquinaria, así como para establecer directrices para la operación segura de las mismas.

En este estado del arte, se presenta una visión general de las normas de seguridad en máquinas más recientes y relevantes. Se examinan las principales normas internacionales y nacionales que rigen la seguridad en las máquinas. También se analizan los desafíos y las limitaciones en la implementación de estas normas, así como las áreas que necesitan más investigación y desarrollo.

Para comenzar, a la hora de hablar sobre seguridad en máquinas, es fundamental el hecho de tener conocimiento sobre la norma ISO 12100, puesto que esta habla específicamente sobre los principios generales de diseño de seguridad para máquinas y equipos industriales; la cual se utiliza para ayudar a garantizar que los riesgos relacionados con el diseño, la fabricación y el uso de las máquinas sean identificados y se apliquen las medidas de seguridad necesarias para controlarlos.

Esta norma se divide en dos partes principales: la primera describe los principios generales sobre el diseño de seguridad, mientras que la segunda se centra en los aspectos técnicos del diseño seguro de las máquinas. En la primera parte, se establecen los requisitos generales para la evaluación de riesgos y la eliminación de estos en el diseño de la máquina, además de describir los requisitos para la información y documentación técnica necesaria para el diseño seguro de esta.

Por otra parte, la segunda parte de la 12100 se enfoca sobre los requisitos técnicos específicos para el diseño seguro de las máquinas. Lo cual incluye consideraciones como la accesibilidad, la estabilidad, la resistencia mecánica, la eliminación de riesgos eléctricos y la prevención de peligros durante el transporte, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento de la misma. (ISO 12100, 2010).

Luego, además de esta norma, existen una serie de normativas, las cuales ya se refieren a temas más específicos a la hora de diseñar maquinaria segura, tales como la norma ISO 13849 y la norma IEC EN 62061. Estas dos normas se centran ya en la clasificación de seguridad de los sistemas de control de las máquinas, siendo ambas similares, pero teniendo unas diferencias claves entre ellas.

La norma ISO 13849, publicada en 2006, establece los requisitos para el diseño de sistemas de control relacionados con la seguridad, centrándose en la evaluación de rendimiento de los sistemas de control de seguridad de la máquina, mediante una metodología basa en el cálculo de niveles de rendimiento “PL” para los circuitos de esta. Dichos niveles de rendimiento son una medida de la capacidad de un sistema de control de seguridad para reducir el riesgo de lesiones o daños en la maquinaria, los cuales se calculan en función de la probabilidad de fallo de un circuito de seguridad y en la severidad de las consecuencias que esta falla pueda generar. Cuanto mayor sea la probabilidad de que falle un circuito y más severas sean las consecuencias de este fallo, menor será el nivel de rendimiento del circuito de seguridad.

Los niveles de rendimiento se dividen en cinco categorías, desde el nivel más bajo (PL a) hasta el nivel más alto (PL e). Cada nivel de rendimiento se corresponde con un rango de probabilidades de fallo y consecuencias de fallo. Por ejemplo, el nivel de rendimiento “PL e” se asocia con la menor probabilidad de fallo y las consecuencias de fallo más severas, mientras que el nivel de rendimiento “PL a” se asocia con la mayor probabilidad de fallo y las consecuencias de fallo menos severas (ISO 13849, 2006).

Por otra parte, la norma IEC 62061, publicada en 2005, se centra en los requisitos para los sistemas de control de seguridad electrónicos programables (PESCS, por sus siglas en inglés) que se utilizan en máquinas y sistemas de automatización. Esta norma proporciona una guía para el diseño, implementación, mantenimiento y verificación de PESCS, y utiliza un enfoque basado en la evaluación de riesgos para determinar los requisitos de seguridad. La norma IEC 62061 se aplica a una amplia gama de máquinas y sistemas de control, pero se enfoca en la seguridad de los sistemas de control electrónicos. Además, esta norma establece requisitos para los sistemas de control de seguridad, incluyendo los circuitos de seguridad, los componentes de seguridad, la verificación y validación de los sistemas de control de seguridad, y la documentación asociada. Estos requisitos se basan en la evaluación del riesgo y en la asignación de un nivel de rendimiento (PL) utilizando la norma ISO 13849 mencionada anteriormente (IEC 62061, 2005).

Ahora bien, además de estas normas que miran los sistemas de una forma más general, existen otras normativas, las cuales buscan atacar sistemas o problemas algo más específicos, tratando así de tener controles de seguridad más exactos para determinadas situaciones en la industria. Un ejemplo de este tipo de norma es la norma ISO 14119; publicada en 2013, la cual proporciona los principios generales para la elaboración y aplicación de sistemas de bloqueo en maquinaria, buscando así garantizar la seguridad de las personas que interactúen con estas durante las labores de mantenimiento, limpieza, ajuste, reparación, inspección, entre otros trabajos similares. Esto se hace indicando como debe de ser el diseño y la aplicación de un sistema de bloqueo en una máquina. En adición, los principios generales por los cuales se rige esta norma son:

- Identificación de peligros y evaluación de riesgos: Se debe llevar a cabo una evaluación de riesgos para identificar los peligros asociados con la maquinaria, y determinar los controles necesarios para minimizar estos.
- Selección de dispositivos de bloqueo: Se deben seleccionar dispositivos de bloqueo adecuados para garantizar la seguridad de las personas que interactúan con la maquinaria.

- Diseño de sistemas de bloqueo: Los sistemas de bloqueo deben ser diseñados de manera que estos sean fácilmente accesibles, y que los trabajadores puedan aplicarlos y retirarlos sin peligro.
- Procedimientos de bloqueo: Se deben establecer procedimientos de bloqueo para guiar a los trabajadores en el uso adecuado de los dispositivos de bloqueo y en el procedimiento para bloquear y desbloquear la maquinaria.
- Comprobación y verificación: Se deben comprobar y verificar regularmente los sistemas de bloqueo para asegurarse de que estén funcionando correctamente.
- Formación y capacitación: Se debe proporcionar formación y capacitación a los trabajadores en el uso adecuado de los dispositivos de bloqueo y en los procedimientos de bloqueo y desbloqueo.
- Documentación: Se deben documentar todos los aspectos del sistema de bloqueo, incluyendo la evaluación de riesgos, la selección de dispositivos de bloqueo, los procedimientos de bloqueo y desbloqueo, y los registros de comprobación y verificación. (ISO 14119, 2013).

Además, también se debe de entrar en consideración que existen diferentes tipos de maquinaria, y, por tanto, debe de existir reglamentaciones específicas para estas. Como es el caso de la norma ISO 13581, la cual habla sobre los requerimientos de seguridad para las máquinas que sean necesariamente operadas con dispositivos a dos manos.

Esta norma ISO, publicada en 2002, establece los requerimientos de diseño y funcionalidad de los dispositivos de control de dos manos utilizados en maquinaria, con el fin de proteger la integridad del operario, buscando así que su funcionamiento sea siempre de forma segura, sin

importar qué tipo de energía utilicen estos o cómo sean, siendo así una norma que cubre de manera general el diseño de cualquier dispositivo de este tipo. (ISO 13851, 2002).

Algunos ejemplos de dispositivos a dos manos son: botones de control de dos manos; palancas de control de dos manos; pedales de control de dos manos; dispositivos de control de dos manos con sensores; dispositivos de control de dos manos con barreras de luz.

En adición, al momento de hablar sobre normas con mayor precisión en cuanto a lo que atacan, como puede ser la norma ISO 8100-1, publicada en 2019, la cual habla sobre los requisitos para el diseño seguro de los ascensores, con el fin de garantizar la seguridad de los usuarios y de quienes trabajan con ellos. Esta norma habla sobre cómo la estructura de estos debe de ser diseñada teniendo en cuenta cargas estáticas, dinámicas y las cargas de impacto a las cuales se encuentre sometido el ascensor. Esta norma, aplica para todo tipo de ascensores, ya sean eléctricos, hidráulicos o de tracción; buscando así la prevención de riesgos durante el uso común de estos y en situaciones de falla, teniendo en cuenta seguridad estructural, eléctrica y de los dispositivos de control. (ISO 8100-1, 2019).

Como complemento a estas normas, cada país cuenta con su propia reglamentación, con el fin de que ellos mismos puedan ser reguladores. En el caso de Colombia, existen las normas ICONTEC, las cuales tienen una norma específica para la elección de cables de malacates, los cuales son herramientas mecánicas utilizadas para levantar o mover cargas mediante la aplicación de fuerzas en una manivela o motor eléctrico que hacen enrollar un cable alrededor de un tambor para subir o bajar la carga en cuestión. En este caso, la norma ICONTEC de la que se habla es la norma NTC 3346, publicada en 2004, en la cual se muestra las propiedades de los cables para malacates y sus partes, las cuales serán la base sobre la cual estos puedan ser juzgados y aceptados; para esto se tiene en cuenta diámetro, composición, resistencia a la tracción y elasticidad. Además, la norma establece los requisitos de inspección y mantenimiento de estos, especificando que deben de ser inspeccionados periódicamente con el fin de detectar signos de desgaste o fatiga, para así tomar las medidas necesarias para prevenir riesgos o accidentes. (NTC 3346, 2004).

Sin embargo, para poder alcanzar una correcta seguridad en las máquinas, es necesario poder evaluar el riesgo al cual se puede encontrar expuesto un operario a la hora de utilizar estas. Por tanto, se tiene la norma ISO 14121-1, publicada en 2007, que establece los principios generales que deben de seguirse al momento de evaluar el riesgo de una máquina, lo que permite identificar los peligros asociados a su uso y definir medidas preventivas para controlarlos. Incluyendo así, la evaluación de riesgos en todas las fases de vida de las máquinas, desde su concepción hasta su eliminación y aplica para todo tipo de estas, incluyendo equipos fijos y móviles. Esta norma establece un enfoque sistemático para la evaluación del riesgo, que incluye la identificación de peligros, la estimación de riesgos, la evaluación de estos y la reducción de los mismos. Además, de establecer los requisitos para la documentación de la evaluación de los riesgos, logrando así una trazabilidad y transparencia del proceso por parte del evaluador. (ISO 14121-1, 2007).

Luego, después de realizar una evaluación de los riesgos a los cuales pueden estar expuestos los operarios, se deben de tomar medidas al respecto para evitar que esto pueda ocurrir, para esto existe la norma ISO 14122-1, publicada en el año 2001, la cual establece requisitos para protección contra el acceso a zonas peligrosas en las máquinas, mediante protecciones fijas o móviles, comúnmente denominadas guardas de seguridad. Esta norma establece pautas para el diseño, la selección y la instalación de estas guardas que puedan prevenir o reducir el riesgo de lesiones o daños a la salud en los trabajadores que operan o realizan mantenimiento en la máquina, además de establecer las pautas para la correcta identificación y señalización de las diferentes zonas de peligro que se puedan encontrar. Entendiéndose como zona peligrosa a cualquier área de una máquina o equipo que presente un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores. Estas zonas pueden incluir partes móviles de la maquinaria, como cuchillas, cadenas o engranajes, o áreas donde se producen operaciones peligrosas, como soldadura, corte o perforación. La presencia de una zona peligrosa indica que existe un riesgo potencial de lesiones o daños a la salud para cualquier persona que entre en contacto con ella (ISO 14122-1, 2001).

Por último, la seguridad del trabajador se convierte en el aspecto más importante, puesto que la vida siempre será lo primero en cuidar y preservar, esto se puede evidenciar desde el mero hecho

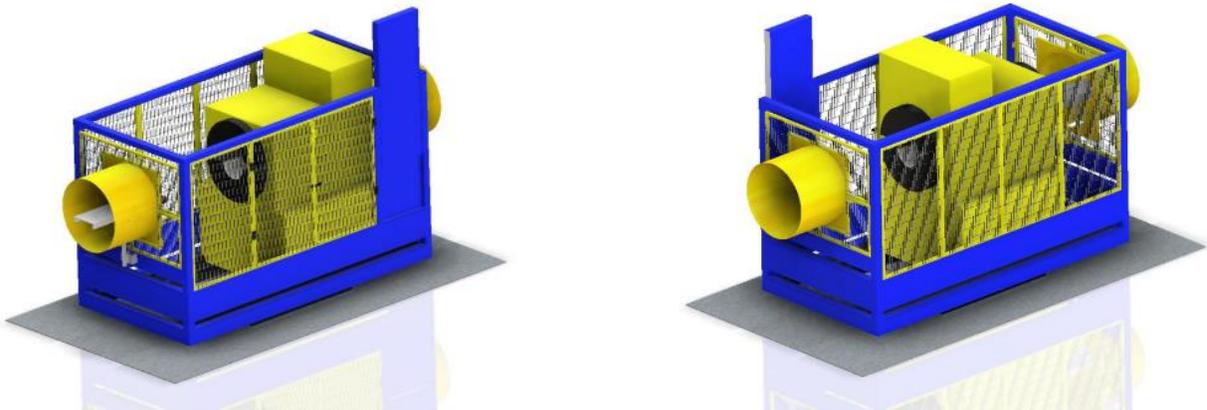
que toda la normativa anteriormente mencionada fue concebida con el fin de buscar la seguridad de los operarios y así asegurarse de que ellos tengan una buena salud. Es por esto que la norma ISO 45001 es tan importante y aplicada en todas las compañías de industria , puesto que esta norma, publicada en 2018, proporciona un marco para la implementación de los sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo en una organización, con el objetivo de mejorar la seguridad, prevenir lesiones y enfermedades ocupacionales, y cumplir con los requisitos legales. Además, esta norma permite identificar los riesgos laborales y controlarlos, la implementación de medidas preventivas y de control, regular los implementos de seguridad, en síntesis, buscar siempre que los operarios se encuentren lo mejor protegidos posibles y que su seguridad y salud sea siempre preservada (ISO 45001, 2018).

### 3 Informe de diseño

#### 3.1 Sierra línea 7 Pavco Cali

##### Figura 1

*Diseño 3D Sierra 7.*



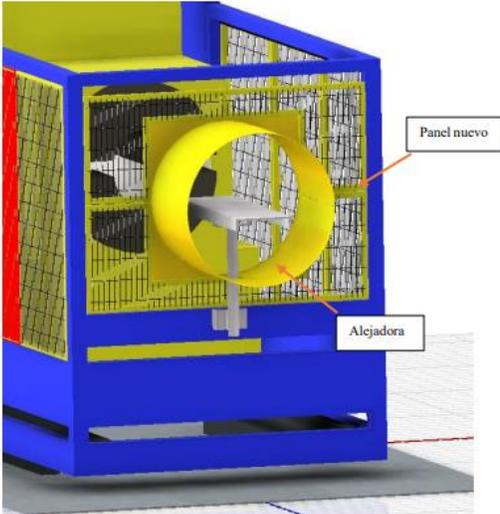
La sierra de la línea 7 de Pavco Cali cuenta con cuatro zonas, en donde se evidenciaban riesgos en sus diferentes accesos, ya que cualquier operario podía ingresar a esta sierra, aunque la máquina se encontrara en funcionamiento; lo cual generaba un peligro alto para los operadores, ya que podían verse atrapados en la operación y sufrir atrapamientos, amputaciones e, incluso, consecuencias fatales. Es por esta razón que se decidió mejorar la seguridad de la Sierra, realizando los siguientes cambios en cada zona.

##### 3.1.1 Salida de tubos PVC

En la zona donde salen los tubos de la sierra se decidió cambiar las guardas por paneles en malla que cubren el orificio de ingreso, además de la implementación de una alejador tipo tambor.

**Figura 2**

*Zona salida tubos PVC antes del montaje y propuesta.*



**Figura 3**

*Zona salida tubos PVC después del montaje.*



### 3.1.2 Acceso lateral derecho

Este lado de la sierra cuenta con dos compuertas pivotantes y un panel fijo. Los accesos son monitoreados por llaves de seguridad az16 con el fin de detener la máquina cuando estas se encuentren abiertas.

#### Figura 4

*Zona acceso lateral derecho antes del montaje.*



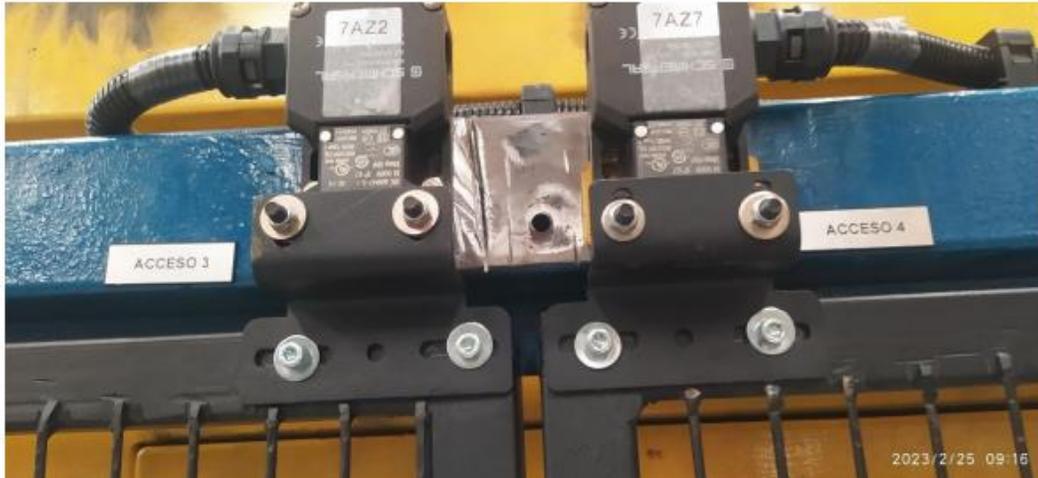
#### Figura 5

*Zona acceso lateral derecho después del montaje.*



**Figura 6**

*Detalle llaves de seguridad AZ16.*



La llave de seguridad será monitorizada por un relé de seguridad, con el cual se atacará de manera segura los actuadores de la máquina, impidiendo su funcionamiento al momento de abrir las compuertas pivotantes.

**Figura 7**

*Ejemplo llave de seguridad AZ16.*



**Figura 8**

*Ejemplo Relé de seguridad.*



### 3.1.3 Acceso lateral izquierdo

Este lado de la sierra cuenta con dos compuertas pivotantes y dos paneles fijos. Los accesos son monitoreados por llaves de seguridad az16 con el fin de detener la máquina cuando estas se encuentren abiertas.

#### Figura 9

*Acceso lateral izquierdo antes del montaje.*



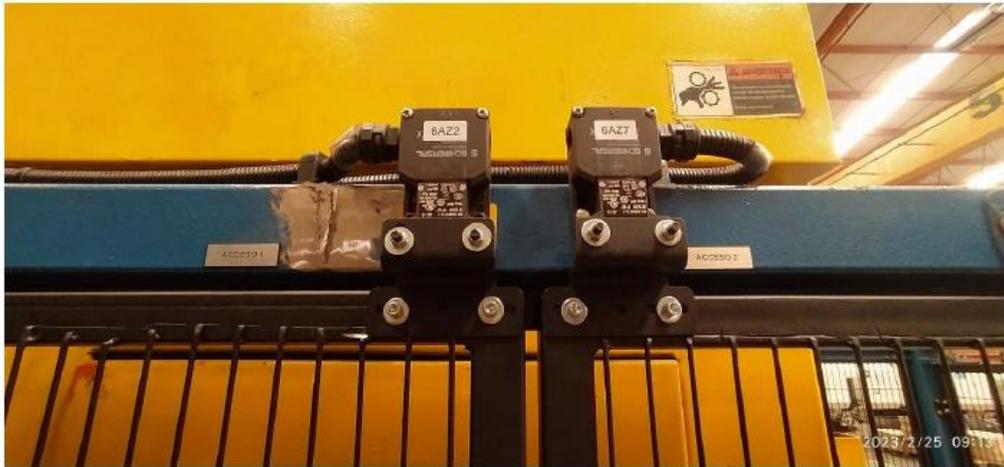
#### Figura 10

*Acceso lateral izquierdo después del montaje.*



**Figura 11**

*Acceso lateral izquierdo llaves de seguridad.*



### ***3.1.4 Entrada de tubos PVC.***

En la sección de salida de los tubos se optó por cambiar los paneles que se tenían ahí por unos que conserven la misma circunferencia, siendo estos los utilizados en la sección de entrada, además de utilizar también un alejador más corto tipo tambor. El alejador presentado en diseño se modificó en campo por razones de calibración. El alejador quedó más corto, pero se garantizó mantener al operario lejos de la zona de peligro.

**Figura 12**

*Entrada tubos de PVC antes del montaje.*



**Figura 13**

*Entrada tubos de PVC después del montaje.*



### 3.1.5 Sistema de control eléctrico.

Ahora bien, toda la seguridad involucrada tiene una parte de control eléctrico, la cual es la encargada de controlar de forma segura los movimientos de la máquina. Por tanto, las llaves de seguridad az16 se encuentran conectadas a un relé de seguridad el cuál será el encargado de hacer que los actuadores de la máquina se detengan una vez estas llaves estén abiertas. Luego, para reiniciar el sistema de seguridad, será necesario el uso de un botón de rearme al momento de volver a cerrar correctamente los accesos. Además, de tener unos pilotos de indicación, los cuales indican el estado de cada uno de los accesos de la máquina.

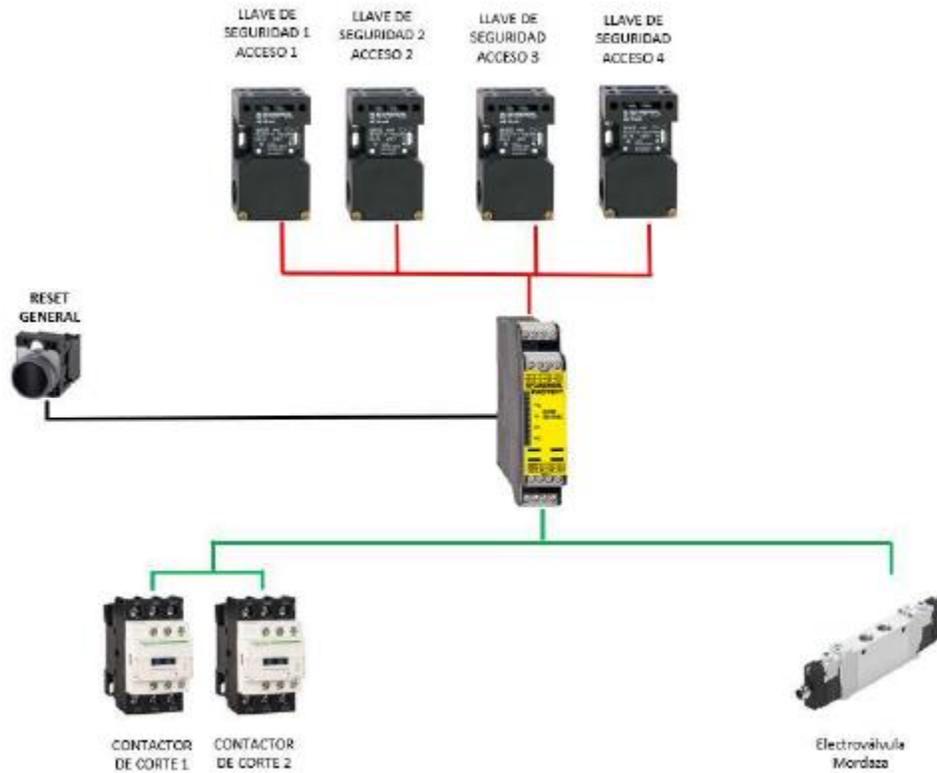
**Figura 14**

*Pilotos de indicación.*



**Figura 15**

*Arquitectura eléctrica Sierra 7.*

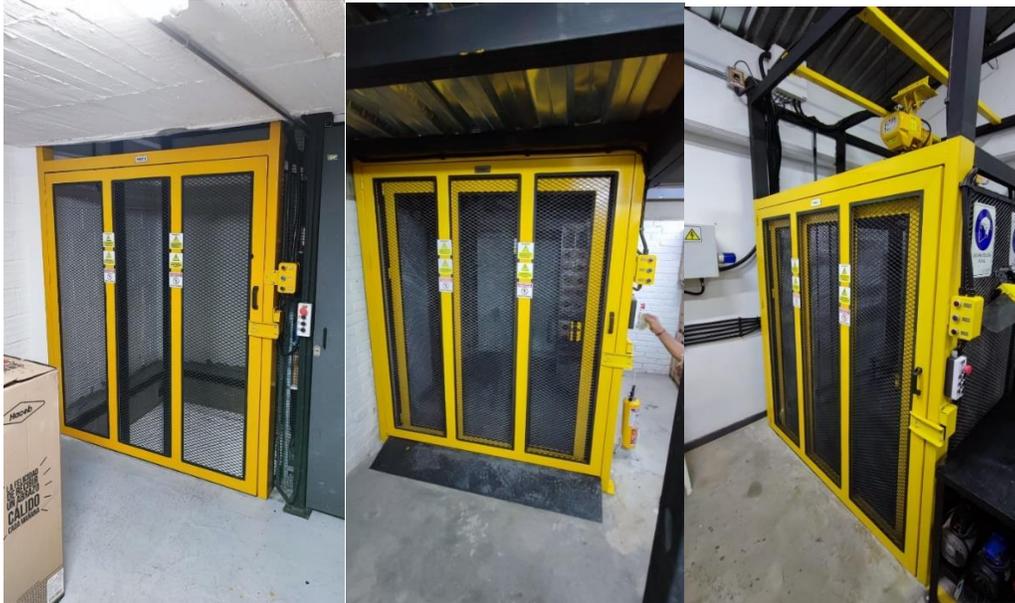


### 3.2 Elevador Haceb Pereira

El elevador de Haceb cuenta con un total de tres pisos a los cuales este debe de llegar, y por lo tanto son tres pisos a los cuales se les debió de instalar dispositivos de seguridad y, además, se diseñó un soporte que cargue con el peso de este y del polipasto nuevo que se instaló con el fin de brindar mayor seguridad a la elevación de carga. Puesto que, el elevador no contaba con sistema de seguridad y cualquier operario podía ingresar al elevador, aunque este no se encontrara en ese piso; además, la cabina de este, tampoco contaba con seguridad, por lo que se podía abrir desde adentro durante el movimiento de este, causando así muchas situaciones de peligro, las cuales se debieron abordar.

**Figura 16**

*Pisos 1, 2 y 3 de Haceb.*



En donde el diseño de seguridad que se hizo a cada piso se muestra en la siguiente imagen.

**Figura 17**

*Diseño de seguridad 3D.*



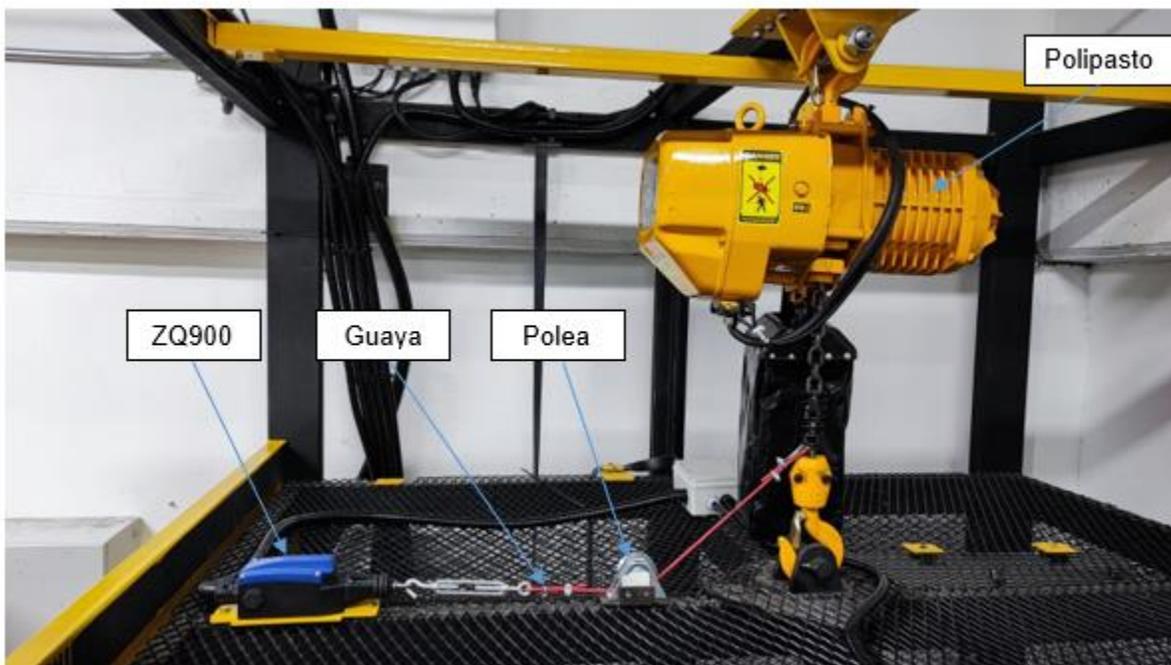
### 3.2.1 Sistema de polipasto.

Se colocó un sistema de polipasto de la marca PAWELL de referencia PEO10S con velocidad de 7.9 m/min con capacidad para 1 tonelada y cadena de 6.5 m.

Además, como medida de seguridad, se colocó una llave ZQ900, mediante un sistema de guaya y polea, la cual asegurará que la cadena se encuentre siempre bajo tensión, y que en el momento en que esta deje de estar tensionada notifique falla al sistema de seguridad del elevador y este se detenga.

**Figura 18**

*Sistema de seguridad polipasto.*



### ***3.2.2 Soporte de polipasto.***

Con el fin de poder sostener el polipasto de una manera segura, se diseñó un soporte en lámina de media pulgada de espesor, a la cual se le realizaron análisis de esfuerzo de Von Mises y de Deformación mediante método de elementos finitos con el fin de verificar su factor de seguridad, obteniendo una serie de resultados que se mostrarán más adelante en esa sección. Es importante aclarar que se realizó la verificación estática del soporte, sin embargo, la verificación dinámica de este se encuentra por fuera del alcance del informe.

#### **Figura 19**

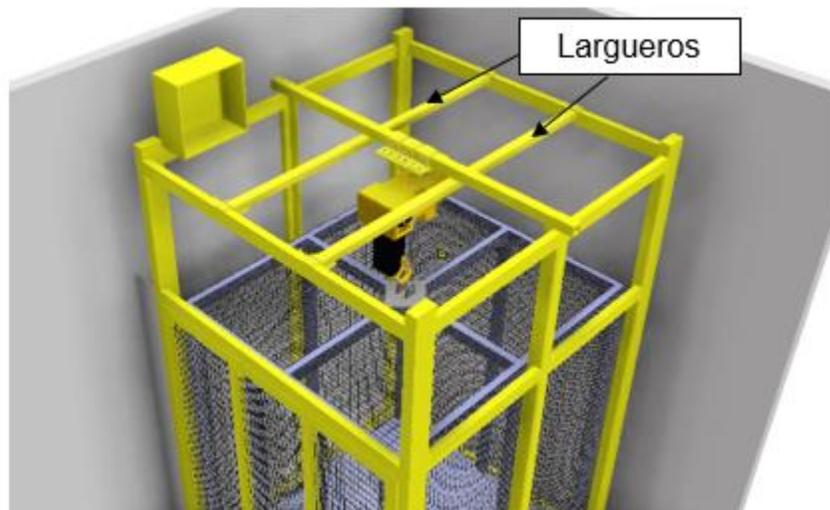
*Soporte de polipasto.*



Además, se diseñaron dos largueros para que refuercen la estructura en la cual va sostenido el polipasto.

### **Figura 20**

*Largueros para estructura.*



### **3.2.3 Sistema de control eléctrico.**

El elevador se desplaza entre 3 estaciones por medio de su respectivo comando, el cual es manipulado por pulsadores ubicados en una botonera que se encuentra en cada piso.

Además, este elevador cuenta con seguridad en las puertas exteriores y en la puerta interior de la cabina. En cada puerta exterior, tiene instalado una llave de bloqueo por tensión AZM 415, la cual permanece bloqueada hasta que se energice la bobina que permite la apertura del acceso.

**Figura 21**

*Llave de seguridad AZM 415.*



También, la puerta de la cabina interna cuenta con una llave de seguridad magnética SCHMERSAL BNS, la cual no permite ningún tipo de movimiento del elevador en caso de que la puerta interna de la cabina no esté bien cerrada.

**Figura 22**

*Sensor magnético BNS.*



Por otra parte, El elevador cuenta en la parte superior de la estructura de cada piso, con un micro final de carrera, con el cual se realiza redundancia con el micro que se encontraba anteriormente, para el monitoreo y control de ubicación del elevador, determinando cuando este se encuentre ubicado en un determinado piso y así permitir la apertura de la puerta donde esté posicionado el elevador.

**Figura 23**

*Final de carrera ZAV7.*



Luego, como se mencionó anteriormente, el elevador cuenta con una llave ZQ900 por tracción de cable, se encuentra ubicado en la parte superior total del elevador, cerca del motor. Se emplea como interruptor de paro de emergencia, que detectará cuando el cable del malacate no esté en correcto funcionamiento.

**Figura 24**

*Llave ZQ900.*



En adición, todos estos dispositivos de seguridad se encuentran conectados a cuatro relés de seguridad, los cuales atacan de manera segura al motor del polipasto en caso de detectar una situación de peligro al momento en que uno de estos dispositivos presente una alarma de falla. Después, para que el elevador pueda desplazarse, los elementos de seguridad deben de estar todos

en su estado inicial y los relés rearmados, mediante un botón de rearme ubicado en una botonera externa.

**Figura 25**

*Botonera.*



Teniendo en ella:

- Piloto: señalización puerta abierta.
- Pulsador azul: Abrir puerta.
- Pulsador negro: Botón para rearme del relé.

### 3.3 Alimentadora de cartón de Smurfit Kappa

La alimentadora de cartón de Smurfit Kappa es una máquina que presenta una zona de riesgo, puesto que tiene unos bateadores que se encargan de empujar los cartones que están en un arrume, con el fin de formar cajas. Estos bateadores, se mueven a una alta velocidad, realizando el movimiento de empuje a una razón de un golpe por segundo, razón por la cual si un operario llegase a caer encima de estos, podría tener graves lesiones y consecuencias con su salud. Sin embargo, la máquina presenta un movimiento en sus guías de amontonamiento de forma axial, con el fin de poder organizar distintas referencias de tamaño de cartón. Por tanto, se debía de diseñar una guarda que pudiese cubrir esta zona de peligro y, en adición, poder moverse en conjunto con las guías.

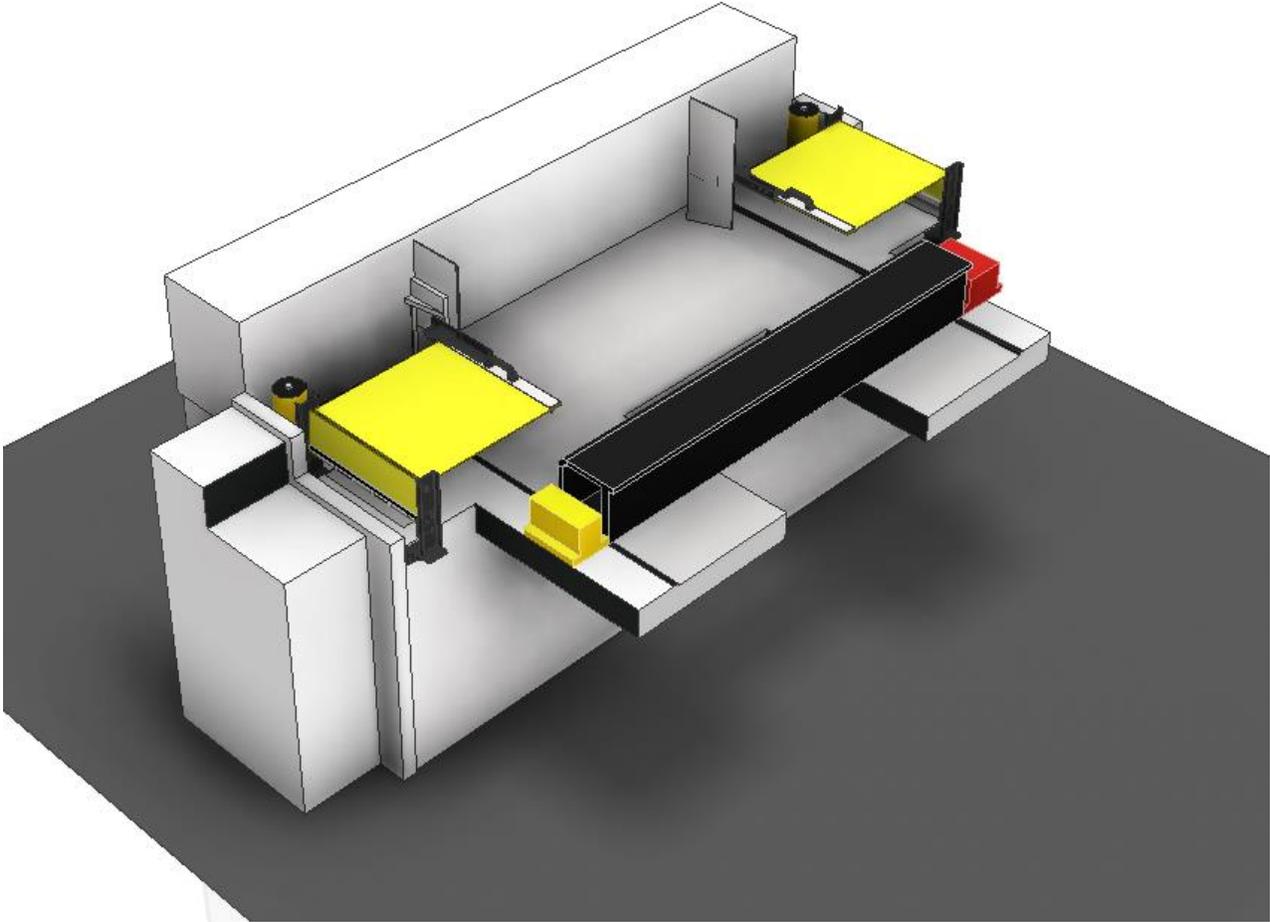
Teniendo en cuenta esto, se optó por diseñar una guarda que fuese retráctil y enrollable, tal como una persiana, que funcionara mediante un cilindro que pudiese girar sobre su propio eje mientras está sometido a una tensión, para luego, al momento de ser des tensionado, volver a su posición inicial girando sobre sí mismo.

#### Figura 26

*Alimentadora SYS estado actual.*

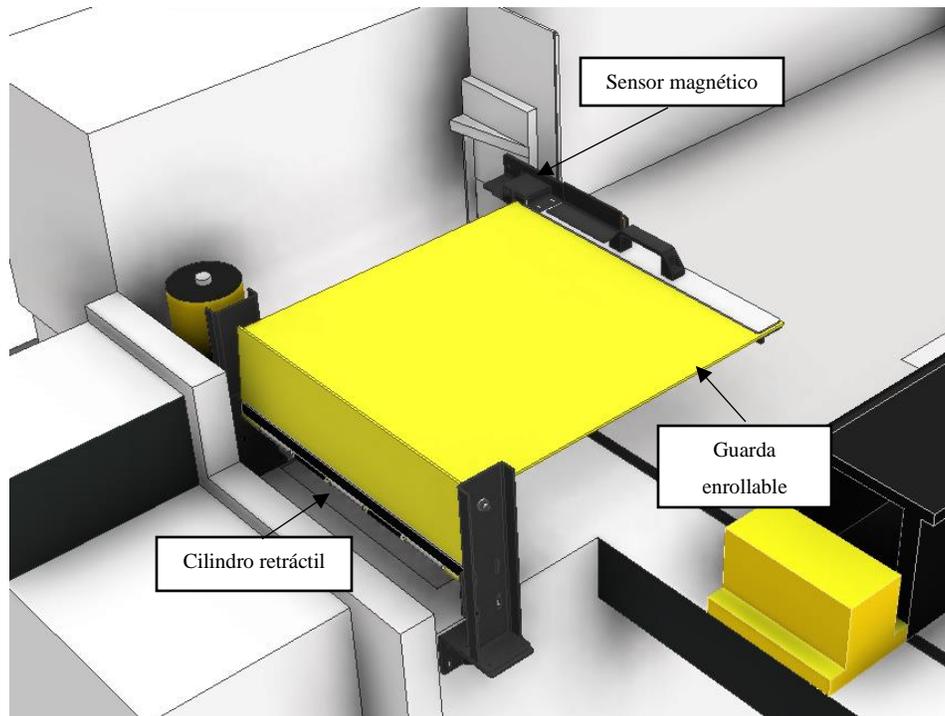


**Figura 27**  
*Alimentadora SYS Diseño 3D.*



**Figura 28**

*Alimentadora SYS Propuesta de seguridad Diseño 3D.*



Además, la guarda enrollable estará sostenida por un sistema, el cual debe de poder desengancharse en cuanto algún tercero caiga encima de esta, pero debe de aguantar la operación normal de la máquina, y este se encuentra monitoreado por un sensor magnético BNS, el cual detendrá la máquina al momento de que la guarda se suelte, evitando así que el operario pueda sufrir lesiones gracias a los bateadores.

Sin embargo, al momento de la presentación de este informe no se pudo realizar el montaje de este proyecto para los tiempos estipulados de la jornada académica, por esta razón se procede a mostrar imágenes del sistema en pre-montaje.

**Figura 29**

*Guarda de seguridad retráctil.*



**Figura 30**

*Cilindro retráctil modelo 3D y modelo real.*

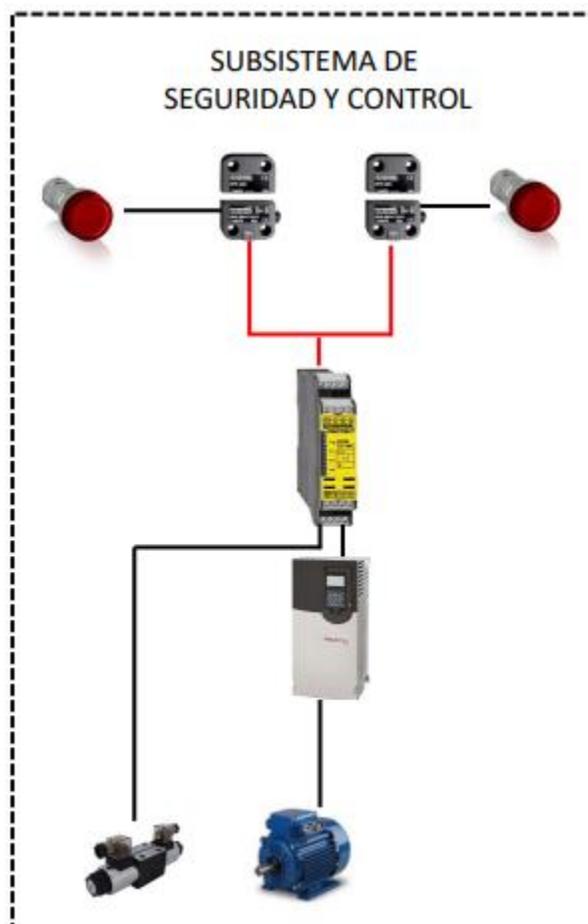


### 3.3.1 Sistema de control eléctrico.

Los sensores magnéticos BNS se encuentran conectados a un relé de seguridad, el cual será el encargado de detener de forma segura el motor de la máquina cuando los sensores dejen de estar armados, además de detener también los actuadores que mueven los bateadores de esta. Luego para volver a iniciar la operación, se debe de presionar un botón de rearme, y tener los sensores con sus circuitos cerrados.

**Figura 31**

*Arquitectura eléctrica Alimentadora.*



## 4 Resultados

En esta sección de resultados, se mostrará el análisis de elementos finitos realizado al soporte del polipasto diseñado para el elevador de Haceb. A este soporte se le debió de realizar este análisis, ya que era la pieza más crítica del diseño, puesto que de esta se encuentra soportado el peso del polipasto, del elevador y de la carga que se ponga dentro de este, incluyendo, si es el caso, a algún operario que deba ingresar. Por tanto, esta pieza debía de poder soportar el un peso de 750 kg, que es la carga máxima que puede soportar el polipasto, sin embargo, se realizó el análisis para una carga de una tonelada, con el fin de observar qué tan resistente sería esta. Este análisis se realizó mediante el programa Autodesk Inventor Professional 2022.

La pieza se conforma por una lámina de media pulgada de espesor, a la cual se le soldaron dos piezas, también de media pulgada, las cuales sostienen un eje en el cual se engancha el polipasto. Por tanto, en estas dos piezas es donde se encuentra la carga a soportar. Por tanto, se realizó el análisis de elementos finitos, en donde se prestó mayor atención en el esfuerzo de Von Mises, el cual predice la fluencia de los materiales sometidos a carga, la deformación máxima de la pieza y su factor de seguridad. Obteniendo así una serie de resultados observados en la **Figura 29**, en donde destaca que se halló un factor de seguridad de 15 para toda la pieza, una deformación máxima del orden de  $10e-04$  mm y un esfuerzo máximo de trabajo de 0.84 MPa, esfuerzo que no representa ningún peligro para posible daño de la pieza. Lo cual indicó que esta se encuentra capacitada para realizar su trabajo de forma satisfactoria, sin representar ningún riesgo para el sistema.

**Figura 32**

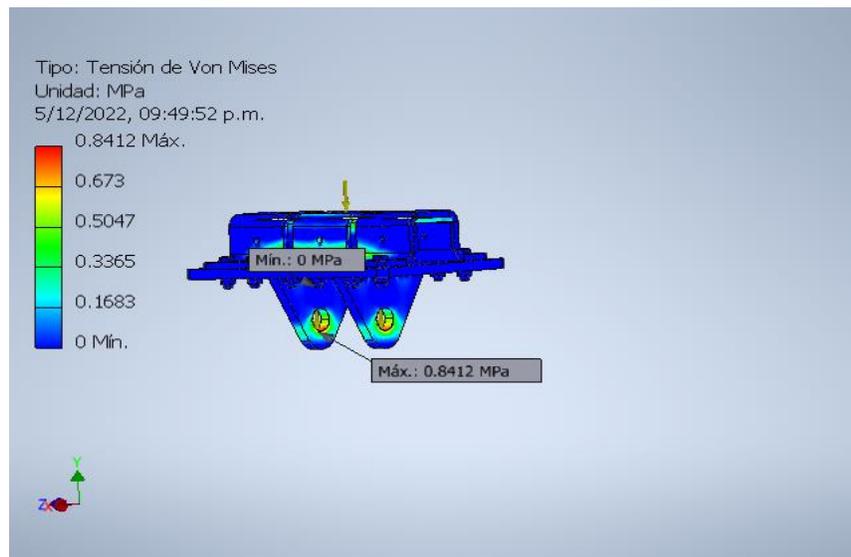
*Resultados de análisis de elementos finitos.*

**Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	1667490 mm <sup>3</sup>	
Masa	13.0898 kg	
Tensión de Von Mises	0.0000472521 MPa	0.841203 MPa
Primera tensión principal	-0.198703 MPa	0.8884 MPa
Tercera tensión principal	-0.535796 MPa	0.149619 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.000350958 mm
Coficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0.512651 MPa	0.635241 MPa
Tensión XY	-0.449824 MPa	0.426745 MPa
Tensión XZ	-0.151307 MPa	0.174714 MPa
Tensión YY	-0.379809 MPa	0.817643 MPa
Tensión YZ	-0.136133 MPa	0.134881 MPa
Tensión ZZ	-0.284053 MPa	0.365331 MPa
Desplazamiento X	-0.0000680192 mm	0.0000741683 mm
Desplazamiento Y	-0.000333959 mm	0.00000942904 mm
Desplazamiento Z	-0.0000645745 mm	0.000136981 mm
Deformación equivalente	0.00000000195471 su	0.00000326713 su
Primera deformación principal	-0.000000288439 su	0.00000380434 su
Tercera deformación principal	-0.00000248956 su	0.000000641785 su
Deformación XX	-0.00000215505 su	0.00000324966 su
Deformación XY	-0.00000260693 su	0.00000247318 su
Deformación XZ	-0.000000876895 su	0.00000101255 su
Deformación YY	-0.00000226041 su	0.00000339427 su
Deformación YZ	-0.000000788954 su	0.000000781696 su
Deformación ZZ	-0.00000128934 su	0.00000133976 su
Presión de contacto	0 MPa	0.735278 MPa
Presión de contacto X	-0.210711 MPa	0.206034 MPa
Presión de contacto Y	-0.586678 MPa	0.702547 MPa
Presión de contacto Z	-0.272088 MPa	0.276837 MPa

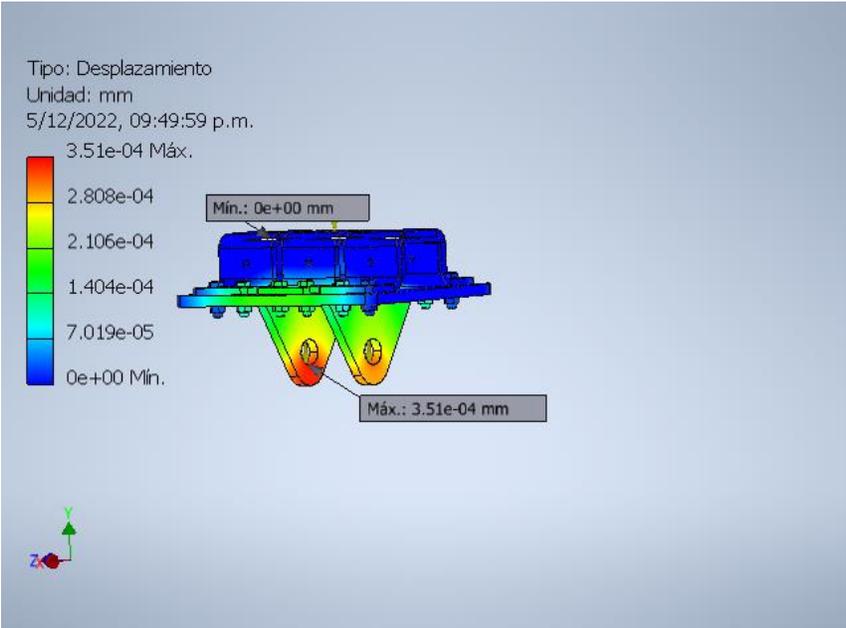
**Figura 33**

*Esfuerzo de Von Mises.*



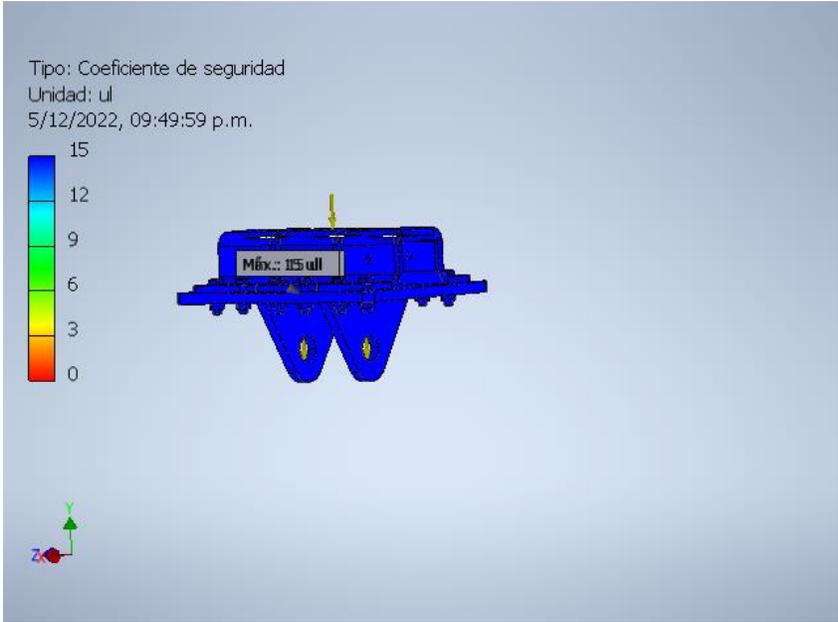
**Figura 34**

*Deformación máxima.*



**Figura 35**

*Factor de seguridad estático.*



Por otra parte, con base en los tres proyectos mencionados en este informe, se encontró que la empresa Samco Ingeniería, sigue un claro proceso para realizar sus proyectos, los cuales fueron de seguridad, por tanto, el procedimiento que se sigue en este tipo de proyectos es:

Primeramente, se realiza un análisis de riesgo a la máquina que se va a intervenir, buscando zonas de peligro, ya sea como elementos que pueden causar atrapamiento, amputación e, incluso, muerte del operario, para catalogar esta en un rango de seguridad, para saber qué tan segura es, y con base en esto, proponer la implementación de los dispositivos de seguridad, los cuales eviten estos peligros y aumenten el nivel de seguridad de estas.

Luego, se pasa a la parte de diseño, donde se realiza una toma de medidas de las máquinas y de las zonas a intervenir, para poder recrear estas en un software 3D, en el cual se realizarán las propuestas nuevas de seguridad para las máquinas, ya sean cerramientos fijos o desmontables, el monitoreo de accesos mediante los dispositivos de seguridad o el cercamiento de zonas mediante cortinas ópticas.

Una vez estas nuevas propuestas sean aprobadas por el cliente, se procede a fabricar las mismas mediante procesos de manufactura contratando a terceros.

Luego, al momento de tener las propuestas ya fabricadas, se procede a realizar un preensamble en la empresa Samco, antes de llevar los diseños donde el cliente.

Por último, se realiza el montaje de los sistemas de seguridad diseñados, realizando pruebas luego de montarlos a fin de ver que estos funcionen correctamente y se pueda realizar el acta de entrega con el cliente, finalizando así con el proyecto y enviando un informe de diseño mostrando todas las adecuaciones realizadas a las máquinas.

Por otra parte, con respecto al proyecto de la alimentadora de cartón para la empresa Smurfit Kappa, la pieza crítica a diseñar fue el cilindro retráctil, ya que este sistema no se podía conseguir comercialmente, sino que se tenía que fabricar desde cero, por ello se debió de pensar muy bien en su diseño y realizar diferentes pruebas con el fin de ver si este podía cumplir su función de retomar su posición inicial luego de ser girado sobre sí mismo. No obstante, luego de realizar la fabricación de este y hacer una serie de pruebas, se logró alcanzar el desempeño esperado del cilindro, retrayéndose con la suficiente fuerza como para poder enrollar la guarda por sí mismo. Obteniendo así un resultado satisfactorio en el diseño de este artefacto.

Para lograr esto se realizaron pruebas con tres diferentes resortes de tensión, cada uno con un espesor de alambre diferente, a fin de ver con cuál el cilindro podría tener un mejor desempeño. Los calibres utilizados fueron de 1.6 mm, 2 mm y 2.6 mm. Obteniendo así, que el calibre adecuado para que el cilindro funcionara correctamente era de 2.6 mm, puesto que este calibre le otorgaba la suficiente fuerza elástica para no ser deformado fácilmente ante una torsión y poder retornar a su forma inicial.

## 5 Análisis

Primeramente, se denota que la empresa Samco Ingeniería rige sus procesos de diseño con base en las normas ISO de seguridad en máquinas, puesto que a lo largo de los tres proyectos realizados, se pudo ver como se implementaban aspectos de normativas tales como la norma ISO 12100, al momento de evaluar y proponer los sistemas de diseño de seguridad de las máquinas a mejorar, la norma ISO 13849-1 para diseñar los sistemas seguros de control de estas, la norma ISO 14121-1 para proponer las guardas y cerramientos a los accesos fijos o móviles de las mismas; e incluso al momento de intervenir estas máquinas para realizar los montajes en campo, se evidencia como se hace uso de normas como la ISO 14119, para bloquear correctamente los sistemas de estas y poder trabajar de forma segura en las reformas a hacer. Es por esto que los procesos de Samco se han ganado un lugar en la industria de seguridad, logrando hacer, incluso, acuerdos internacionales con empresas extranjeras y manteniéndose a lo largo de más de 15 años en funcionamiento.

Por otra parte, en cuanto al proyecto de Haceb, se pudo observar que la pieza de mayor criticidad era el soporte para el polipasto, sin embargo, gracias al diseño que se realizó sobre esta, se pudo alcanzar un factor de seguridad estático de 15, lo cual significa que puede soportar hasta 15 veces la carga a la cual se somete en el análisis de elementos finitos, lo cual brinda una certeza a los usuarios de este elevador de que no va a existir riesgo de falla en esta pieza y, por tanto, podrán trabajar de forma segura, y unos esfuerzos de fluencia y deformación realmente bajos, lo cual se puede adjudicar al espesor que se le dio a las láminas que la conforman y a la forma misma que se le dio, buscando que la carga se distribuyera de una forma equivalente, a fin de alivianar esta misma.

Además, con respecto a los procedimientos de Samco Ingeniería, se puede comprobar que el proceso para realizar proyectos funciona de buena manera, ya que se tiene una idea clara sobre cómo se deben de realizar estos, logrando así que se consolide una misma idea de trabajo para todos los proyectos que se tengan, lo cual resulta en algo positivo para la empresa, puesto que no importa que se tengan muchos proyectos y que todos sean diferentes o realizados por diferentes

trabajadores, ya que desde que se tenga una idea clara y unos conceptos a seguir, se logra estandarizar una idea de trabajo y se alcanza una calidad que puede ser evidenciada por los propios clientes. En la **Figura 35** se muestra un diagrama de flujo sobre el proceso de diseño de seguridad de Samco Ingeniería.

Ahora bien, analizando el funcionamiento del cilindro retráctil para la alimentadora de cartón de Smurfit Kappa, se tuvo que realizar diferentes ensayos para poder que este artefacto funcionara; primeramente, se debió decidir qué tipo de resorte utilizar, puesto que, aunque el resorte de torsión pareciera la opción más obvia, con la longitud que se tenía y con las dimensiones del cilindro pensadas para tener un diseño amigable a la percepción humana, no se podría utilizar este, además, se requeriría de mucha fuerza para poder ser torsionado. Por esta razón, se optó por utilizar un resorte de tensión, el cual al poder ser tensado de un extremo fijo del eje del cilindro y del otro extremo de este en la parte móvil del mismo, adquiriría la suficiente energía elástica como para tener la fuerza suficiente de volver a su posición inicial, es decir, de no estar torsionado, logrando así que el cilindro girara sobre su propio eje retomando su posición, lo cual generaría que la guarda, la cual se encontraba pegada a este cilindro podría ser desenrollada mediante y una fuerza, pero podría enrollarse por sí misma.

**Figura 36**

*Proceso de diseño de seguridad de Samco Ingeniería.*



## 6 Conclusiones

- Las normas de seguridad para los sistemas hombre-máquina son, además de un claro requerimiento, un gran apoyo para cualquier diseñador a la hora de buscar la creación o el mejoramiento de un proceso seguro en cualquier industria, puesto que el elemento humano, es decir, el operario, siempre debe de estar seguro en su puesto de trabajo al momento de manipular cualquier dispositivo y la mayor preocupación de toda compañía siempre deberá ser el hecho de preservar la salud de este.
- Samco Ingeniería, cumple con su tarea de investigar, apoyarse y utilizar la normativa de seguridad al momento de realizar sus diferentes proyectos, ya sean desarrollos de máquinas nuevas, o implementación de seguridad en máquinas ya existentes, logrando así destacarse entre la competencia por poder ofrecer un trabajo el cual sea fiable y de buena calidad.
- Los proyectos realizados en la empresa Samco Ingeniería tienen una secuencia clara, desde su fase de análisis de riesgo, a su fase de diseño, y hasta su fase última de montaje y entrega de los mismos. Por tanto, sus proyectos, aunque la mayoría del tiempo sean con empresas diferentes y realizando procesos distintos, siguen una misma secuencia conceptual, la cual conlleva en una estandarización de una idea de seguridad y en una buena calidad de la misma.
- El proyecto de la Sierra de la línea 7 de Pavco Cali sirvió como un punto de partida, ya que este fue el primero de los tres proyectos que se realizó y se tuvo la oportunidad de asistir al montaje, evidenciando todos los asuntos que pueden surgir en estos, tanto buenos como malos; sin embargo, gracias a las buenas decisiones tomadas tanto en etapa de diseño, como en la planta de Cali, se logró entregar una máquina completamente segura, con la cual los líderes del proyecto de Pavco y los mismos operarios se sintieran conformes con su diseño y seguridad, monitoreando con éxito ambos accesos y alejando a los trabajadores de las zonas de riesgo.

- Con respecto al elevador de Haceb, se instaló correctamente el sistema de seguridad, logrando mitigar las zonas de peligro encontradas, además, gracias al análisis de elementos finitos realizado sobre la pieza más crítica del elevador, se tiene una alta confiabilidad de que el sistema no presentará averías en este aspecto.
- El diseño del cilindro retráctil presentó un reto para el proyecto, puesto que este artefacto no era comercial y no existían ejemplos en los cuales se pudiese tomar inspiración, sin embargo, gracias al correcto acompañamiento del asesor externo y a la implementación de diferentes días, para poder realizar ensayos y aprender de los fallos de estos hasta tener el artefacto completamente funcional y listo para el montaje.

## Referencias

- International Electrotechnical Commission [IEC]. (2005). *Seguridad de las máquinas - Sistema de control de seguridad relacionado con la seguridad funcional de las máquinas*. (IEC 62061:2005).
- Norma Técnica Colombiana [NTC]. (2004). *Siderurgia – Cables para malacates – Requisitos técnicos de entrega*. (NTC 3346: 2004).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2010). *Safety of machinery – Basic concepts, general principles for design*. (ISO 12100-1:2010).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2006). *Seguridad de las máquinas – Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad*. (ISO 13849-1:2015).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2013). *Seguridad de las máquinas – Bloqueos asociados con la seguridad – Principios generales para la elaboración y aplicación de sistemas de bloqueo*. (ISO 14119:2013).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2002). *Seguridad de las máquinas - Dispositivos de control de dos manos: aspectos funcionales y principios de diseño*. (ISO 13851:2002).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2019). *Ascensores para el transporte de personas y cargas - Parte 1: Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores para pasajeros y carga de pasajeros*. (ISO 8100-1:2019).
- Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2007). *Seguridad de las máquinas - Evaluación del riesgo - Parte 1: Principios generales*. (ISO 14121-1:2007).

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2001). *Seguridad de las máquinas – Medios de acceso permanentes a máquinas - Parte 1: selección de medios de acceso fijos y requisitos generales de acceso*. (ISO 14121-1:2007).

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo — Requisitos con orientación para su uso*. (ISO 45001:2018).