

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO

ESCUELA DE POSGRADO



Implementación de un sistema de seguridad, basado en la norma ISO 13849, para reducir riesgos en una empresa embotelladora de cerveza

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN SEGURIDAD
INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

AUTOR

Olenka Paola Odar Jimenez

ASESOR

Carlos Alberto Rojas Ciudad

<https://orcid.org/0000-0003-2214-4470>

Chiclayo, 2025

**Implementación de un sistema de seguridad, basado en la norma
ISO 13849, para reducir riesgos en una empresa embotelladora de
cerveza**

PRESENTADO POR

Olenka Paola Odar Jimenez

A la Escuela de Posgrado de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el grado académico de

**MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON MENCIÓN EN SEGURIDAD
INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL**

APROBADO POR

Mariella Annie Vidarte Llaja

PRESIDENTE

Joselito Sánchez Pérez

SECRETARIO

Carlos Alberto Rojas Ciudad

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, porque sin él nada sería posible.

A mis padres, Margarita y Oswaldo, por su apoyo y amor incondicional y por ser la piedra angular de mi vida.

A mi esposo Aldo, por su amor, por ser mi calma en la tormenta y por motivarme a seguir adelante.

A mis hijos, Daniela y Héctor, mi más grande tesoro.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por mi hermosa familia y por permitirme alcanzar mis objetivos trazados.

A mis padres, Margarita y Oswaldo, porque de uno u otra manera siempre estuvieron conmigo apoyándome y cuidando a mis hijos en mis largas jornadas de estudios.

A mi esposo Aldo, por su comprensión, paciencia y por darme el empujón necesario para llevar la maestría y para culminar la tesis.

A mi asesor de tesis Ing. Carlos Rojas Ciudad, por cada observación, por cada consejo brindado con el único fin de dar lo mejor de mí.

_ODAR JIMENEZ OLENKA PAOLA_IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN LA NORMA ISO 13849 PARA REDUCIR RIESGOS EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE CERVEZA

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

2

documentop.com

Fuente de Internet

1%

3

idus.us.es

Fuente de Internet

1%

4

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1%

6

kupdf.net

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.uandina.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

8

electricayservicios.com.mx

Fuente de Internet

<1%

Índice

Resumen	6
Abstract	7
Introducción	8
Revisión de literatura	14
Materiales y métodos	24
Resultados y discusión	31
Conclusiones	39
Recomendaciones.....	41
Referencias	42
Anexos.....	45

Resumen

Esta investigación se centró en reducir los riesgos producidos por las máquinas de la línea de envasado de una empresa embotelladora de cerveza; esto debido a la ausencia de sistemas de acceso seguro a máquina (SAM) basados en la norma ISO 13849-1. En la tesis se evaluaron las tareas de cada máquina para identificar el nivel inicial de riesgo lo que permitió proponer ocho diseños de seguridad de máquina; implementándose el sistema SAM de la llenadora de botellas y el de la etiquetadora de botellas; se priorizó la implementación de estos diseños de acuerdo a dos factores: el nivel de riesgos de sus tareas (en la llenadora de botellas el 75% son de riesgo intolerable y el 25% de riesgo importante y en la máquina etiquetadora de botellas el 50% son de riesgo importante y el otro 50% de riesgo moderado) y por ser máquinas móviles rotativas. Luego de implementar los sistemas de seguridad basados en la norma ISO 13849-1; los niveles iniciales de riesgo en estas máquinas se redujeron de la siguiente manera: llenadora de botellas el 75% de las tareas bajó a riesgo moderado y el 25% a riesgo tolerable, en la máquina etiquetadora de botellas el 100% de las tareas bajaron a nivel de riesgo tolerable; lo que demuestra el cumplimiento del objetivo general de la tesis. Finalmente, se recomendó continuar con la implementación de los sistemas de seguridad propuestos en las demás máquinas para una mayor reducción de riesgos en la línea de envasado de cerveza.

Palabras clave: Norma ISO 13849-1, nivel de prestaciones, sistema de acceso seguro, riesgo.

Abstract

This research focused on reducing the risks produced by the machines of the bottling line of a beer bottling company; this was due to the absence of safe machine access systems (SAM) based on the ISO 13849-1 standard. In the thesis, the tasks of each machine were evaluated to identify the initial level of risk, which allowed proposing eight machine safety designs; implementing the SAM system of the bottle filler and the bottle labeler; the implementation of these designs was prioritized according to two factors: the risk level of their tasks (in the bottle filler 75% are of intolerable risk and 25% of important risk and in the bottle labeler 50% are of important risk and the other 50% of moderate risk) and for being rotating mobile machines. After implementing the safety systems based on ISO 13849-1; the initial risk levels in these machines were reduced as follows: in the bottle filler 75% of the tasks were reduced to moderate risk and 25% to tolerable risk, in the bottle labeling machine 100% of the tasks were reduced to tolerable risk level; which demonstrates compliance with the general objective of the thesis. Finally, it was recommended to continue with the implementation of the proposed safety systems in the other machines to further reduce risks in the beer packaging line.

Keywords: ISO 13849-1 standard, level of performance, secure access system, risk.

Introducción

En el mundo la gran cantidad de accidentes laborales es preocupante, ya que nos muestra que, a pesar de todo, los sistemas implementados para garantizar el bienestar de un trabajador no son suficientes. La OIT nos lo confirma [1] 2,78 millones de trabajadores pierden la vida cada año por accidentes de trabajo y enfermedades laborales de estos, un 65% se registra en Asia, un 11,8% en África, en Europa un 11,7%, en América 10,9% y en Oceanía 0,6%. Estas cifras nos dan una visión mundial de la población de trabajadores y de la peligrosidad del trabajo; así mismo la OIT nos indica que 374 millones de trabajadores sufren accidentes de trabajo no mortales.

Esto nos hace tener en cuenta en donde radica la principal causa de que un accidente ocurra: los riesgos laborales. [2] Los riesgos laborales existen en toda organización y nacen con ella; y es el representante de la organización el responsable directo de realizar las acciones necesarias para reducirlos. Y en muchas naciones esto está contemplado en su base legal.

[2] Ante ello, surge la Seguridad Industrial; si bien este término ha ido cambiando con los años, uno de sus principales objetivos es la minimización de los riesgos laborales y si bien la Seguridad Industrial implica un conjunto normas, procedimientos y protocolos a seguir, de acuerdo con una evaluación previa a base de indicadores, está también íntimamente ligada a la base legal que respalda el bienestar del trabajador; todo con el único propósito de lograr una reducción significativa de los riesgos laborales y preservar así la vida, salud e integridad de los trabajadores de una organización. De esta manera la reducción de accidentes e incidentes de trabajo es un indicador de una buena gestión en Seguridad Industrial.

[6] A nivel mundial en las industrias manufactureras es común la utilización de algún tipo de maquinaria en sus procesos, lo que llega a representar, en todo el mundo, peligros para la seguridad y salud de muchos trabajadores. Esto sumado a que cada año surgen nuevos tipos de maquinaria en el mercado industrial, nos muestra que es importante tener en cuenta aquello que nos ayude a preservar la salud y seguridad del trabajador; la OIT establece la normativa referente a ello en el manejo de la maquinaria, especifica las condiciones y medidas de precaución que deben tener en cuenta los estados, los empleados y los empleadores, así como los que proveen, fabrican y diseñan la maquinaria.

[13] Evaluar los riesgos que puedan resultar del uso de una máquina, es la mejor manera de garantizar que ésta sea segura. La Norma ISO 12100 especifica como deben realizarse los procedimientos de evaluación y reducción de riesgos de una máquina en su fase de diseño.

[14] Sobre el fundamento de esta normativa, normas como EN ISO 13849-1/-2, EN 61508 y su norma sectorial asociada EN 62061, especifican como se diseñan, estructuran e integran las partes de los sistemas de control y equipamiento de protección referente a la seguridad.

Normas como la ISO 13849 pone especial importancia en la seguridad de la máquina y [15] brinda requisitos para diseñar e integrar los equipos relacionados a hacer más seguros los sistemas de control, también incorpora algunos aspectos de software. La norma también puede ser aplicada a los equipos que conforman el sistema. Esta norma aplica a todas las tecnologías, incluidas mecánica, neumática, eléctrica e hidráulica.

[15] El avance tecnológico en los últimos años ha generado un evidente progreso en los sistemas de seguridad de la máquina. Esto hace que las normas preexistentes no sean las más adecuadas para garantizar la seguridad de una máquina. Por tal motivo, cuando los sistemas de seguridad dependen del funcionamiento de los equipos y dispositivos que la componen, surge la necesidad de que estos cumplan con cierta normativa que nos asegure el funcionamiento correcto de los mismos. En esto se fundamenta la norma ISO 13849-1.

En la actualidad muchos países, han tomado en cuenta la importancia de adoptar esta norma de seguridad en máquinas para minimizar en gran número los accidentes producidos por la operación de estas.

[7, p. 37] En el 2017 en España de 319 051 empresas encuestadas sobre causas de riesgo que producen accidentes, el 93,6% indicó que la seguridad en máquinas es un aspecto importante para evaluar y un 58,8% han adoptado medidas al respecto. [8] En el 2018 España reportó como segunda actividad económica más importante al sector industrial representando el 12,6% del PIB y el 11,5% del empleo; [9] el Ministerio de Empleo y Seguridad Social de España informó que en el primer trimestre de ese mismo año se produjeron 142 621 accidentes laborales siendo de estos 921 graves, 153 accidentes mortales y de estos, según la forma en que se produjo el fallecimiento, se reportaron 13 por aplastamiento, atrapamientos y amputaciones, 12 por caída y 5 por choque o golpes en movimiento y colisiones. Del total de accidentes mortales 21 se produjeron en el sector industrial. Y del total de accidentes 5 280 fueron con operaciones con máquinas. Estadísticas del año 2017 [10] revelaron que se produjeron 20 993 accidentes de trabajo por operaciones con máquinas siendo 31 mortales.

Países como Chile son ejemplo de compromiso en el cumplimiento riguroso de su Política Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (PNSST) [3] mostrando en el 2019 una disminución en la tasa de accidentes de trabajo, alcanzado el 3,0% (158 656 accidentes) una

significativa disminución comparada con el 5,4% del 2010. Esto se logró en base a las modificaciones de su Ley Orgánica en el 2013, logrando mejoras en la forma de regular y fiscalizar los lugares de trabajo.

[11] Chile en el 2017, a nivel de sector económico declaró a la industria manufacturera, con un 10,6%, como la segunda actividad económica con mayor importancia en ese país. [12] Estadísticas a parte mostraron que la tasa de accidentes graves en la industria, con consecuencias en amputaciones causadas por máquinas de todo tipo era en un aproximado de 13 por semana, por lo que a inicios del 2018 la Asociación Chilena de Seguridad estableció que era de primordial interés hacer más seguras las máquinas para los trabajadores.

En el Perú, en cambio, si bien existen políticas y normas que regulan la salud y seguridad del trabajador, los entes responsables de su cumplimiento no son muy estrictos. [4] En el 2019, la SUNAFIL multó a 2 mil empresas por las malas condiciones de seguridad y salud de 270mil 714 trabajadores en Lima y provincias; siendo los puntos con mayores infracciones en SST no contar con: SGSST, IPER, capacitaciones en SST por parte del empleador, EPP ni SCTR; esto se evidencia en el incremento del número de accidentes reportados, así lo demuestran las cifras según el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE) [5] en el año 2019 se notificaron 34800 accidentes que corresponden al 21,36%; de los cuales, los accidentes no mortales constituyeron el 99,32% y los accidentes mortales el 0,69% cifras que han aumentado con relación al 2018.

[5] De los accidentes reportados en el Perú en el 2019, la actividad económica con mayor porcentaje de accidentes reportados fue Industrias Manufactureras con 23,36%. Es importante indicar también que del total de notificaciones un 4,45% corresponde como agente causante a las máquinas y equipos en general y un 17,85% a los operarios como una de las categorías ocupacionales con mayor notificación de accidentes. Lo que nos indica que debemos prestar especial atención a estos porcentajes.

Los operarios, en cualquier industria manufacturera del mundo, son los que están en contacto permanente con las máquinas ya sea para su operación o mantenimiento; y en el Perú son los que mayor reportan accidentes. Eso hace necesario poner en práctica normas que permitan diseñar sistemas de control que hagan las máquinas más seguras y que le ofrezcan al trabajador las condiciones necesarias su operación y mantenimiento.

En ese contexto, en una embotelladora, el envasado es uno de los procesos con mayor personal, el cual es responsable de la operatividad y mantenimiento de las máquinas; todas las máquinas

que conforman la línea de envasado tienen varios mecanismos de movimientos rotativos y lineales y son de gran tamaño, esto conlleva a que existan mayores riesgos al personal referido a la operatividad de las máquinas, ya que cada máquina tiene diferente grado de funcionalidad y de operatividad y por ende representa diferentes tipos de riesgo al personal, a esto le podemos añadir los riesgos que son comunes en otras áreas de la empresa (pisos resbaladizos, pasar debajo de transportadores, etc.).

Cuando existen problemas en estas máquinas ya sea por trabamientos por envases u otros motivos los operarios deben intervenir e ingresar a las máquinas, es aquí cuando surgen los riesgos potenciales ya que tenemos energías mecánicas, eléctricas, neumáticas o caloríficas que pueden provocar graves accidentes al personal; actualmente las máquinas tienen muchas deficiencias con respecto a su sistema de bloqueo para que el operario ingrese a la máquina de manera segura, ya que su sistema de protección no se basa en la norma ISO13849. Esto ha generado accidentes provocando en una oportunidad que se detenga la línea de envasado hasta no levantar las observaciones impuestas por la alta dirección; dejándose de envasar, en los seis turnos que se detuvo la línea, 114 000 cajas aproximadamente ocasionando pérdidas importantes a la empresa.

Debido a esto y según el análisis de los resultados de Pareto se determinó que un 80% de los operarios considera la seguridad en máquinas como un problema de gran importancia en la embotelladora y que, por lo tanto, se necesita actualizar el sistema de protección de las máquinas basándola en la norma ISO13849 que se basa en los sistemas SAM (SAFETY ACCESS MACHINE – ACCESO SEGURO A MÁQUINA) para que los operarios trabajen de manera segura cuando tengan que ingresar a estas.

La norma ISO 13849 abarca sistemas de mando eléctricos que guardan relación con la seguridad de máquinas en donde la prioridad es la persona que interviene u opera la máquina, esta norma evalúa el nivel y probabilidad de riesgo en una máquina de acuerdo con el proceso que realice.

Debido a que la empresa embotelladora cuenta con una línea de envasado que no presenta un moderno sistema de seguridad en máquinas, representa para el personal que trabaja en ella riesgos potenciales. Esto se demostró en la evaluación inicial de riesgos por tarea en las máquinas de la línea de envasado de cerveza en la que se obtuvieron los siguientes resultados: etiquetadora de botellas el 50% de las tareas presentaron riesgo importante y el otro 50% riesgo moderado, llenadora de botellas el 75% de las tareas presentaron riesgo intolerables y el 25% riesgo importante, acumulador de cajas el 80% de las tareas presentaron riesgo importante y el

20% riesgo moderado, depaletizadora de cajas el 80% de las tareas presentaron riesgo importante y el 20% riesgo moderado, paletizadora de cajas el 80% de las tareas presentaron riesgo importante y el 20% riesgo moderado, encajonadora el 75% de las tareas presentaron riesgo importante y el 25% riesgo moderado, desencajonadora el 75% de las tareas presentaron riesgo importante y el 25% riesgo moderado y lavadora de botellas el 100% de las tareas presentaron riesgo importante.

De todo lo expuesto surge la siguiente interrogante ¿En qué medida la implementación de un sistema de seguridad, basado en la norma ISO 13849, reducirá los riesgos en una empresa embotelladora de cerveza?

La seguridad es muy importante y mucho más en una línea de producción donde los operarios están en continuo contacto con máquina de gran tamaño y de alto potencial de riesgo; es por ello, que se planteó como objetivo general de la tesis implementar un sistema de seguridad, basado en la norma ISO 13849, para reducir riesgos en una empresa embotelladora de cerveza. Así mismo, se plantearon los siguientes objetivos específicos: realizar la identificación de peligros y la evaluación de riesgos de todas las máquinas de la línea de envasado, para determinar el nivel inicial de riesgo del personal que opera las máquinas; cuantificar los riesgos para establecer qué nivel de seguridad implementar en las máquinas del proceso de envasado, según norma ISO 13849; implementar el sistema SAM en la línea de envasado, basándose en la norma ISO 13849 y evaluar el nivel de riesgo en la línea de envasado luego de implementar las acciones correctivas.

[16] No solo existe el deber ético de no causar daño a alguien, también hay base legal que respalda la exigencia de que sean seguras las máquinas, así mismo significativas las pérdidas económicas al producirse un accidente.

Por lo anterior mencionado es que se considera importante implementar un sistema de seguridad en máquinas bajo la norma ISO 13849 que reduzca considerablemente los riesgos en el personal implicado en la operación y mantenimiento de las máquinas que conforman el proceso de envasado de esta embotelladora.

La justificación de la investigación se manifiesta en su relevancia social por que ayudará a que los operarios trabajen de manera segura y confiable, tanto en operación y mantenimiento, lo cual tendrá un gran efecto en el bienestar de los operarios que trabajan en la línea de envasado ya que la seguridad no es una prioridad sino un valor, así como para la empresa misma. En las implicaciones prácticas, debido a que, reduciendo el nivel de riesgo de las máquinas, se tendrá

una línea confiable que no tendrá paradas por accidentes y por consecuencia no ocasionará pérdidas económicas en producción debido a esto. Finalmente, se justifica su utilidad metodológica puesto que puede replicarse en otras plantas que tengan líneas antiguas de envasado o de manufactura en general en donde no esté implementado un sistema moderno de seguridad de máquinas basado en la norma ISO 13849.

Revisión de literatura

Antecedentes

En el 2017, A. Pullinen [34] en su investigación tuvo como objetivo el diseño de seguridad de tres tipos de máquinas: paletizadora con palet automático, máquina de embalaje y prensa de doblado. Se describen los principios de funcionamiento de todas las máquinas para determinar las fuentes de peligros y que tipo de peligros pueden causar estas máquinas. Se realiza la evaluación de riesgos en las máquinas, teniendo en cuenta tanto la gravedad del daño potencial y la probabilidad de que ocurra con estas dos características se define el nivel de riesgo. También se recomiendan algunos componentes de seguridad. Los dispositivos de seguridad se recomendaron según el nivel de prestaciones requerido para cada máquina que según la evaluación determinó un PLr e en base a la norma ISO 13849. Finalmente, estas arquitecturas de seguridad pueden servir de ejemplo para otras máquinas, ya que se logró hacer las máquinas más seguras debido a que todos los componentes de seguridad elegidos cumplieron con los niveles requeridos de seguridad según norma.

En el 2018, K. Jaatinen [35] en su estudio se centra en el diseño de seguridad de dos máquinas: paletizadora robótica y etiquetadora. En la tesis se destaca que el principal propósito de la seguridad de la máquina es mantener las máquinas seguras para el usuario y prevenir paradas y/o averías innecesarias de la máquina. Se realiza la evaluación de riesgos teniendo en cuenta tanto la severidad del daño cuando un peligro ocurre (gravedad y alcance del daño) y la probabilidad de que ocurra (que puede derivarse en exposición al peligro, que ocurra un evento peligroso y si es posible limitar o evitar el daño). Se inició estudiando las máquinas robot paletizador y etiquetadora para un mejor conocimiento de su funcionamiento y posteriormente determinar las fuentes de peligros y que tipo de peligros pueden causar estas máquinas, luego de identificar los peligros se determinó cuan severos y frecuentes podrían ser para poder determinar adecuadamente cómo reducirlos.

Los diseños del sistema de seguridad recomendado para cada máquina y el rendimiento de cada función de seguridad se especifican mediante el nivel de prestaciones según la norma ISO 13849-1.

En el 2018, L. A. Solís Cordova [36], en su investigación describe el desarrollo de un sistema de seguridad para un módulo flexible de manufactura que sirve para el adiestramiento del alumnado del área de ingeniería. El sistema de seguridad se desarrolla con el fin de cumplir con lo dispuesto en la Directiva de Máquinas 2006/42/CE que señala

que toda máquina debe asegurar mínimas condiciones de seguridad para el personal que opere la máquina, así como para la propia máquina. Para poder implementar el sistema de seguridad funcional en esta plataforma de adiestramiento, se realizó en primer lugar el análisis de manera individual de los posibles riesgos de todas las zonas de trabajo que la conforman. Luego se realizó un estudio con la finalidad de elegir los criterios más adecuados para reducir o eliminar los riesgos existentes; como una de esas medidas, se procedió a escoger los equipos, dispositivos y elementos más adecuados para colocar en la célula y de esa manera minimizar o eliminar los riesgos encontrados. La estimación del riesgo se realiza de acuerdo con la norma ISO 13849-1 que tiene en cuenta tres causas, gravedad del daño, frecuencia de exposición al riesgo y la posibilidad que tiene de limitar o evitar el daño. De igual forma basándose en la norma anterior mencionada, determina el nivel de prestaciones requerido (PLr) y verifica el PL alcanzado en el sistema. Finalmente concluye que luego de evaluar los diferentes puestos de trabajo de la célula se encontraron 12 riesgos que podían atentar contra la salud del estudiante y que se optó por medidas que permitieron eliminar los riesgos hasta en un 95%. Además, en este proyecto quedaron determinados todos los equipos, dispositivos, componentes necesarios que garantizan la eliminación de los doce riesgos identificados.

P. Ganguly (2020) [37] en su investigación reafirma la importancia de hacer las máquinas móviles más seguras, y su objetivo principal es implementar una función de software crítica para la seguridad en un sistema de control utilizando ISO 13849-1:2015; comparando entre el enfoque genérico y MATCH que es un software que está diseñado para desarrollo de aplicaciones en máquinas móviles. En esta tesis se resalta la importancia, antes de implementar una función de seguridad, de la identificación de los peligros existentes en una máquina, como, por ejemplo, atascamientos en partes móviles de las máquinas que pueden producir aplastamiento o corte. Nos hace referencia además que, según reportes entre los años 2000 – 2015 en la industria minera en Estados Unidos, los accidentes se produjeron principalmente por colisión con máquinas móviles, indicando además la NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional) que, si puede detener la máquina su movimiento antes de golpear a un minero, puede reducirse la tasa de mortalidad hasta en un 78%. Todo esto evidencia que la seguridad de las máquinas es de suma importancia para evitar accidentes mortales y no mortales. Los accidentes mortales y no mortales pueden evitarse en gran parte si se realiza un análisis de riesgo seguido de una evaluación de riesgos lo cual permitirá implementar los controles necesarios que conllevarán a una reducción del

riesgo. Los estándares internacionales son los que proporcionan las pautas para identificar, estimar y evaluar los riesgos asociados a la vida útil de la máquina. La norma ISO 13849 - 1: 2015 proporciona pautas para diseñar y analizar el sistema de control de una máquina y está muy relacionada con las partes del sistema de control relacionadas con la seguridad (SRP/CS) que proporcionan señales de entrada relacionadas con la seguridad y generan señales de salida segura; estas partes relacionadas con hacer seguro un sistema de control (SRP/CS) para que produzca la salida deseada es necesario medir el nivel de rendimiento (PL). El desarrollo de una función de seguridad tiene como objetivo reducir los riesgos o peligros que se asocien con el sistema. El análisis del riesgo permite indicar los límites del sistema, identificar los peligros presentes y finalmente determinar el nivel del riesgo, todo esto con la finalidad de reducir el riesgo lo máximo posible. Entre los accidentes que pueden ocurrir por no darle importancia a la seguridad de maquinaria en movimiento, tenemos: lesiones por atascamientos, lesiones fatales por bordes afilados de la máquina, lesiones irreversibles y/o fatales producidas por el movimiento no controlado de algunas partes de la máquina, cuando no se monitorean las fallas volviéndose la máquina poco confiable y propensa a causar lesiones, por último, por desconocimiento, inexperiencia o falta de formación. Esta tesis también hace referencia a la norma ISO 12100: 2010 que brinda las pautas para diseñar una máquina que sea segura y apropiada para su uso y al estándar Misra C que es parte del lenguaje C que permite reducir o eliminar errores en la codificación (esto es muy importante cuando se desarrollan software relacionados con la seguridad). El software que se diseñó siguió, la normativa ISO 13849-1:2015, para implementar una función de seguridad en un sistema de control.

Yuvn Chinniah [38] en su artículo Análisis y prevención de accidentes graves y mortales relacionados con partes móviles de maquinaria; indica que entre las causas principales de accidentes se encuentran la ausencia de procedimientos de bloqueo y de un diseño deficiente de seguridad para la máquina y que el 12% de las lesiones fatales fueron causadas por partes móviles de maquinaria. En esta tesis existen maquinas rotativas y con partes giratorias por lo que es importante su diseño de seguridad.

Hietikko, Malm y Saha [39] en su estudio indicaron la utilidad de la aplicación de la norma ISO 13849 en la validación y el diseño de las funciones de seguridad de la maquinaria y que la importancia de estimar los PLr radica en garantizar que se implementen las características de seguridad necesarias en el diseño del sistema de control de la maquinaria.

Bases teórico-científicas

Norma ISO 13849 -1: 2016. Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: principios generales para el diseño.

[17] La norma ISO 13849 reemplaza a la norma EN 954-1 como principal norma para el diseño de sistemas de control relativos a la seguridad para las máquinas. [14] Esta norma brinda requisitos de seguridad y guías con relación al diseño e integración de los elementos de los sistemas de control relacionados a la seguridad (SRP/CS), incluye también el diseño del software. Proporciona además los requisitos y el nivel de prestaciones necesario que deben reunir estos elementos para cumplir con las funciones de seguridad.

Normas para consulta:

La normativa mostrada a continuación, son una fuente importante de consulta para el empleo de esta norma:

- ISO 12100:2010, “*Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo*”.
- ISO 13849-2:2016, “*Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño*”.
- IEC 60050-191:1990, “*International electrotechnical vocabulary. Chapter 191: Dependability and quality of service. Amended by IEC 60050 191-am1:1999 and IEC 60050 191-am2:2002:1999*”.
- IEC 61508-3:2010, “*Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad*”. Parte 3: Requisitos de software. Corregida por IEC 61508-3/Cor.1:1999.
- IEC 61508-4:2010, “*Seguridad funcional de los sistemas eléctricos/electrónicos/electrónicos programables relacionados con la seguridad*”. Parte 4: Definiciones y abreviaturas. Corregida por IEC 61508-4/Cor.1:1999.
- IEC 62061:2012, “*Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de los sistemas de mando eléctricos, electrónicos y electrónicos programables relativos a la seguridad*”.
- ISO/TR 22100-2:2003, “*Safety of machinery. Relationship whit ISO 12100. Part 2: How ISO 12100 relates to ISO 13849-1*”.
- ISO/TR 23849, “*Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery*”.

Norma ISO 13849: Ámbito de aplicación

[33] Como la norma brinda los requisitos y guías para el diseño e integración de las partes del sistema de mando relativas a la seguridad (SRP/CS) y aplica para máquinas de cualquier tipo muy independiente del tipo de energía y de la tecnología que emplee para su funcionamiento (neumática, mecánica, hidráulica, eléctrica, etc.); puede aplicarse en el diseño de seguridad de máquinas utilizadas en cualquier tipo de industria (manufacturera, petroquímica, química, metalúrgica, alimentaria, textil, minera entre otras); de esta manera las máquinas pueden volverse más segura para los que las operan.

Normas técnicas que respaldan los Sistemas de seguridad para maquinaria

[6, p. 95] La OIT ha publicado numerosos documentos técnicos que pueden aplicarse a la SST; todas estas publicaciones contienen obligaciones, principios guías técnicas, entre otros; que manifiestan la opinión consensuada de los gobernantes de los 185 estados que forman parte de la OIT (el Perú es miembro de la OIT desde 1919); en lo que respecta a la SST.

A continuación, se detalla la normativa técnica referente a la seguridad de la maquinaria: [6, pp. 99-100]

IEC. 2005. IEC 62061, Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems.

- 2008. IEC 61496-1, Seguridad de las máquinas. Equipos de protección electrosensibles. Parte 1: Requisitos generales y ensayos.

ISO. 1991. ISO 10075, Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental – Parte 1: Términos y definiciones generales.

- 1996. ISO 10075-2, Principios ergonómicos relativos a la carga de trabajo mental. Parte 2: Principios de diseño.
- 1996. ISO 11428, Ergonomía. Señales de peligro visuales. Requisitos generales, diseño y ensayo.
- 1996. ISO 13854, Seguridad de las máquinas. Distancias mínimas para evitar el aplastamiento de partes del cuerpo humano.
- 1998. ISO 14119, Seguridad de las máquinas – Dispositivos de cierre asociados a protectores – Principios de diseño y selección.
- 2000. ISO 14118, Seguridad de las máquinas. Prevención de puesta en marcha inesperada.

- 2001. ISO 14122, Seguridad de las máquinas. Medios de acceso permanente a máquinas e instalaciones industriales.
- 2002. ISO 13851, Seguridad de las máquinas. Dispositivos de mando a dos manos. Aspectos funcionales y principios para el diseño.
- 2002. ISO 14120, Seguridad de las máquinas. Requisitos generales para el diseño y construcción de resguardos fijos y móviles.
- 2004. ISO 6385, Principios ergonómicos para el diseño de sistemas de trabajo.
- 2008. ISO 13732-3 e ISO 13732-1, Ergonomía del ambiente térmico. Métodos para evaluar la respuesta humana al contacto con superficies. Parte 3: Superficies frías. Parte 1: Superficies calientes
- 2008. ISO 13849-1, Seguridad de las máquinas. Partes de los sistemas de control relativas a la seguridad. Parte 1: Principios generales para el diseño.
- 2008. ISO 13850, Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño.
- 2008. ISO 13857, Seguridad de las máquinas. Distancias seguras para impedir alcanzar zonas de peligro con los miembros superiores e inferiores.
- 2010. ISO 12100, Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluación del riesgo y reducción del riesgo.
- 2010. ISO 13855, Seguridad de las máquinas. Posicionamiento de los protectores con respecto a la velocidad de aproximación de partes del cuerpo humano.
- 2011. ISO 26800, Ergonomía. Enfoque general, principios y conceptos.

UNE-EN 60204-1:2007, Seguridad de las máquinas. Equipo eléctrico de las máquinas. Parte 1: Requerimientos generales.

Comisión Europea, Empresa e Industria. 2010. Guía para la aplicación de la Directiva 2006/42/CE referente a las máquinas (segunda edición).

Riesgo

[6, p. 11] Se define al riesgo como la probabilidad combinada de que ocurra un suceso peligroso y la severidad del daño o lesión que cause en los trabajadores.

Riesgo laboral

[18] Probabilidad de que la exposición a un proceso o factor peligroso en el entorno laboral genere una enfermedad o lesión en el trabajador.

Prevención del riesgo laboral

[19] Actividades y medias realizadas en la organización, con el objetivo de reconocer las situaciones de riesgos y ejecutar las acciones pertinentes para reducirlas o eliminarlas.

Factores de riesgo

[20] Son todas aquellas acciones humanas, elementos o condiciones con gran capacidad de producir daños materiales; y cuya posibilidad de que sucedan dependerá del control y/o eliminación del elemento dañino.

Riesgos laborales: evaluación de riesgos

[21] Evaluar los riesgos es de suma importancia para que una organización sepa en qué condiciones de salud y seguridad se encuentran sus trabajadores. En relación con la prevención es indispensable que toda empresa lo realice, para que en base establezca las medidas necesarias para minimizar los riesgos. Existe normativa que fundamenta la necesidad de brindar un ambiente seguro de trabajo que no ponga en riesgo la salud y seguridad de los trabajadores, así como las medidas necesarias para prevenir, controlar, minimizar o eliminar los riesgos así se sustenta en la Ley N° 29783 y su respectivo reglamento [22], [23].

Definiciones y conceptos:**Norma ISO 13849 [24], [25]**

Ha sido diseñada por el CEN (Comité Europeo de Normalización) en conjunto con el organismo internacional ISO, esta norma es de tipo B1 según lo definido en la norma 12100-1:2004 y sustituye a la anterior norma EN 954-1:1996.

Está compuesta de tres partes:

- EN ISO 13849-1:2006: Presenta los requerimientos de diseño de las partes del sistema de control relacionados a la seguridad.

- EN ISO 13849-2:2004: Fija los procedimientos, criterios y requisitos para la certificación
- ISO/TR 13849-100: Seguridad de las máquinas. Partes del sistema de mando referentes a seguridad. Indica como emplear y aplicar la norma ISO 13849-1 (Parte 100).

Conceptos relacionados con la norma:

- SRP/CS (Safety Related Parts of a Control Systems): Partes del Sistema de Control Relativas a la Seguridad (PSMRS), que responde a señales de entrada y genera señales de salida relacionadas a la seguridad. La norma específica que requisitos deben cumplir.
- PL (Performance Level): Nivel de Prestaciones (Nivel de Fiabilidad), mide la fiabilidad de un sistema de seguridad. Presenta cinco niveles (a – e); se calcula conociendo la estructura del sistema (categorías B, 1 – 4), el tiempo medio hasta fallo peligroso del dispositivo ($MTTF_d$) y la cobertura del diagnóstico del sistema (DC).
- PLr (Required Performance Level): Nivel de prestaciones requerido utilizado para lograr la disminución del riesgo requerida para cada función de seguridad.
- $MTTF_d$ (Mean Time To dangerous Failure): Tiempo medio hasta fallo peligroso, puede ser Bajo, Medio y Alto.
- B_{10d} : Número de períodos hasta que el 10% de los elementos experimenta un fallo peligroso (para elementos electromecánicos y neumáticos).
- T_{10d} : Tiempo medio hasta que el 10% de los elementos experimenta un fallo peligroso.
- CCF: Fallo de causa común. Falla de varios componentes debida a un solo evento pero que son consecuentes unos de otros.
- DC: Cobertura de diagnóstico puede ser baja, media y alta. Mide la validez del diagnóstico y relaciona la probabilidad de fallas peligrosas detectadas y la de fallas peligrosas totales.
- PFH_D : Probabilidad de fallo peligroso por hora (probabilidad media de fallo peligroso por hora).

Método de trabajo según ISO – 13849:

[24] Presenta la siguiente metodología que consta de tres pasos:

1er paso: Evaluación de riesgo

Aquí se determina los riesgos que se pueden encontrar en el entorno donde opera la máquina, así como aquello que pueda causar riesgos. Conforme a la norma calculamos el riesgo teniendo en cuenta: gravedad del daño (G), frecuencia de exposición al riesgo (F) y la posibilidad que tiene de evitar o imitar el daño (P); a su vez cada uno de estos factores presenta dos categorías como se aprecia en la tabla:

Tabla 1. Factores de riesgo según EN ISO 13849

FACTOR	SUBDIVISIÓN	DESCRIPCIÓN
G	G1	Hematomas, abrasiones, heridas punzantes y lesiones leves por aplastamiento
	G2	Lesiones esqueléticas, amputaciones y muerte
F	F1	Menos de una vez cada dos semanas
	F2	Más de una vez cada dos semanas
P	P1	Movimientos lentos de la máquina, mucho espacio, baja potencia
	P2	Movimientos rápidos de la máquina, concurrido, alta potencia

Fuente: Elaboración propia según la norma EN ISO 13849-1

Determinados estos factores, se obtiene el PLr (Nivel de prestaciones requerido) que se necesita para el riesgo determinado. En este paso se evalúa si el riesgo debe reducirse o es suficiente con la seguridad existente.

2do paso: Reducir el riesgo

Si se precisa la reducción del riesgo, deberá realizarse algunas de las siguientes opciones según normativa:

- a. Evitar riesgos en la fase de diseño
- b. Emplear elementos de seguridad y/o protección
- c. Capacitación en el uso de la máquina asegurada

3er paso: Calcular y diseñar las funciones de seguridad

Se inicia determinando las funciones de seguridad en la máquina, luego para cada una de ellas se establece un PLr, con ello se procede a diseñar e implementar la solución para cada una de

las funciones de seguridad determinadas, terminado el diseño se calcula el PL alcanzado por la función de seguridad (tener en cuenta que $PL \geq PL_r$) finalmente el sistema debe validarse, si se comprueba la validación también se comprueba que el diseño cumple con lo especificado.

Indicadores:

Nivel de prestaciones por máquina: según gráfico de riesgos y representa el PLr necesario por máquina para la implementación del sistema seguro.

Porcentaje de implementación SAM (% SAM): representa el porcentaje del total máquinas en las que se ha implementado el sistema de acceso seguro. Y estará dado por:

$$\% \text{ SAM} = \frac{N^{\circ} \text{ MAQ. IMPLEMENTADAS CON SISTEMA SAM}}{N^{\circ} \text{ MAQ. PROGRAMADAS POR IMPLEMENTAR SAM}} * 100$$

Porcentaje de check list SAM conformes (%CL_{SAM}): representa el porcentaje de verificaciones por máquina que funcionan correctamente según el sistema de acceso seguro que se ha implementado. Y estará dado por:

$$\% CL_{SAM} = \frac{N^{\circ} \text{ DE CHECK LIST CONFORMES}}{N^{\circ} \text{ DE MÁQUINAS CON SISTEMA SAM}} * 100$$

Estimación del grado del riesgo: representa el riesgo, según el resultado de la evaluación se realizará la acción correspondiente. Y está dado por:

$$R = P * S$$

$$R = \text{Riesgo}; P = \text{Probabilidad}; S = \text{Severidad}$$

Capacitaciones en sistema SAM (%CE_{SAM}): representa el porcentaje de capacitaciones realizadas sobre el sistema de acceso seguro que se ha implementado. Y estará dado por:

$$\% CE_{SAM} = \frac{N^{\circ} \text{ CAPACITACIONES SAM EJECUTADAS}}{N^{\circ} \text{ CAPACITACIONES SAM PROGRAMADAS}} * 100$$

Materiales y métodos

Tipo de estudio y nivel de investigación

Experimental – aplicada

[27] Esta investigación tiene por objetivo la aplicación de teorías o conocimientos para dar solución a un problema o planteamiento específico, por lo tanto, su nivel de investigación es aplicada.

[28] Esta investigación se centra en el análisis de los efectos que produce una variable independiente en una variable dependiente, por lo tanto, es una investigación de tipo experimental.

Teniendo en cuenta esta metodología se logró identificar el estado actual de la línea de envasado de la empresa identificando los factores principales de riesgo.

Las variables involucradas en esta investigación se detallan en la Tabla 2.

Diseño de investigación

La presente investigación será preexperimental de diseño de un solo grupo con pretest y post, ya que [28] “la consecuencia del tratamiento se confirma cuando se compara los resultados del posttest con los del pretest”.

Se representa de la siguiente manera:

$$O_1 \quad X \quad O_2$$

Donde:

O_1 = Aplicación del pretest

X = Aplicación del tratamiento o variable independiente

O_2 = Aplicación del posttest

Población y muestra

- Población: Operarios de la línea de envasado de la embotelladora
- Muestra: poblacional / censal
- Muestreo: no probabilístico

Criterios de selección

En esta investigación se trabajó con el personal de planta de la línea de envasado de la embotelladora (42 operarios distribuidos en tres turnos); esto debido a que todas las máquinas

que conforman la línea de envasado tienen varios mecanismos de movimientos rotativos y lineales y son de gran tamaño, esto conlleva a que existan mayores riesgos al personal referido a la operatividad de las máquinas.

Debido a que existe involucramiento del operario con la máquina, como parte de la implementación del sistema se capacitó al personal con respecto a la exigencia del manteniendo autónoma de parte de los operarios de envasado.

Operacionalización de variables

Tabla 2. Operacionalización de variables

Variable	Operacionalización		Dimensiones	Indicador		Escala de Medición
	Definición Conceptual	Definición Operacional				
SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN LA NORMA ISO 13849	ISO 13849-1:2006 norma principal para el diseño de sistemas de mando relativos a la seguridad para las máquinas. [9]	La variable independiente sistema de seguridad basado en la norma ISO 13849, será evaluada mediante la dimensión de evaluación de riesgos, reducción de riesgos y validación por máquina. Será cuantificada usando el indicador nivel de prestaciones por máquina, porcentaje de implementación SAM y porcentaje de Check list SAM conformes	EVALUACIÓN DE RIESGOS	NIVEL DE PRESTACIONES POR MÁQUINA	$PL_r = \text{Gráfico de riesgos}$	Ordinal
			REDUCCIÓN DE RIESGOS	PORCENTAJE DE IMPLEMENTACIÓN SAM	$\% SAM = \frac{N^{\circ} MAQ. IMPLEMENTADAS CON SISTEMA SAM}{N^{\circ} MAQ. PROGRAMADAS POR IMPLEMENTAR SAM} * 100$	De razón
			VALIDACIÓN POR MÁQUINA	PORCENTAJE DE CHECK LIST SAM CONFORMES	$\% CL_{SAM} = \frac{N^{\circ} DE CHECK LIST CONFORMES}{N^{\circ} DE MÁQUINAS CON SISTEMA SAM} * 100$	De razón
RIESGO	Probabilidad combinada de que se produzca un suceso peligroso y la severidad del daño o lesión que cause en los trabajadores. [7, p. 11]	La variable dependiente riesgo será evaluado mediante las dimensiones de planificación y será cuantificada por los indicadores árbol de decisiones SAM y capacitaciones.	PLANIFICACION	GRADO DE RIESGO POR MÁQUINA	$R = P * S$ $R = \text{Riesgo}; P = \text{Probabilidad}$ $S = \text{Severidad}$	Intervalo
				CAPACITACIONES EN SISTEMA SAM	$\% CE_{SAM} = \frac{N^{\circ} CAPACITACIONES SAM EJECUTADAS}{N^{\circ} CAPACITACIONES SAM PROGRAMADAS} * 100$	De razón

Fuente: Elaboración propia

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de análisis documental

[29] Esta técnica consiste en descubrir, adquirir y examinar bibliografía y otros materiales que provienen de otros conocimientos y/o informaciones de cualquier ámbito, con el fin de enriquecer y ser útiles para los fines de la investigación.

Se utilizarán fichas bibliográficas, textuales y de síntesis, así como herramientas de procesamiento de datos como hojas de cálculo Excel 2016.

Técnica de la encuesta

[28, p. 120] Permite dar respuesta a problemas, ya sea, de manera descriptiva o como de relación de variables, mediante el recojo de información de manera ordenada y sistemática, siguiendo un modelo preestablecido que certifique la exactitud de la información recopilada.

Como instrumento se utilizará un cuestionario en base a la valoración en la escala de Likert, su aplicación tiene por finalidad recopilar información sobre qué tan importante es la seguridad industrial para la empresa.

Técnica de observación

[30] Es la forma más organizada y lógica para el registro visual de lo que se pretende conocer, en otras palabras, percibir de la forma más imparcial, lo que sucede en la realidad, para poder explicarlo desde un punto de vista científico.

Se utilizará lista de cotejo para obtener datos del nivel de prestaciones de las diferentes máquinas que conforman el proceso de envasado, para poder determinar el riesgo existente en cada una de ellas. Así como listas de verificación safety para cada máquina.

Instrumentos por objetivos:

- Objetivo 01: se usará ficha de observación de datos: Estimación del grado de riesgo
- Objetivo 02: se usará ficha de observación de datos: PLr (gráfico de riesgos)
- Objetivo 03: se usará ficha de observación de datos: Lista de verificación SAM por máquina

- Objetivo 04: se usará ficha de observación: Lista de verificación safety (del cumplimiento del funcionamiento del sistema SAM)

Procedimientos

A continuación, se describen los pasos a seguir para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto:

- Con respecto al objetivo uno: la identificación y evaluación de riesgos se realizará mediante la estimación del grado de riesgo según el Reglamento de la Ley N° 29783 [22] considerando la probabilidad y la severidad del riesgo; de acuerdo con las tareas correspondientes a cada máquina, los resultados de la evaluación nos indicarán el riesgo al que el personal que opera cada máquina está expuesto.
- Con respecto al objetivo dos: luego de detectar los riesgos existentes se procederá a cuantificar el nivel de prestaciones requerido (PLr) adecuado, por máquina para ello nos basaremos en el gráfico de riesgos según la norma ISO 13849 el cual nos ayudará a identificar el nivel de seguridad a implementar.
- Con respecto al objetivo tres: para la reducción de riesgos se tendrá en cuenta lo establecido en la norma ISO 13849 para diseñar e implementar el sistema de acceso seguro a máquina (SAM) en la línea de envasado, además se capacitará a todo el personal sobre su funcionamiento.
- Con respecto al objetivo cuatro: finalmente se realizará una nueva evaluación de riesgos para compararlos con los resultados obtenidos antes de poner en marcha el sistema de seguridad bajo la norma ISO 13849; para ello será necesario realizar un check list de validación semanal del sistema SAM en cada una de las máquinas de la línea de envasado y también se contemplará la realización de un plan de mantenimiento de inspección trimestral en descanso y un plan de cambios de repuestos cada dos años para lograr sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

Plan de procesamiento y análisis de datos

Se realizará un análisis estadístico de los incidentes y accidentes ocurridos en las máquinas del proceso de envasado de la embotelladora para la verificación de la reducción de los riesgos existentes, para hacer que todo el sistema de seguridad implementado sea sostenible en el tiempo.

Además, para la valoración del riesgo (determinar el nivel de riesgo requerido – PLr) y determinar el nivel de prestaciones alcanzable (PL) se utilizará el gráfico de riesgos según la norma ISO 13849.

Consideraciones éticas

[31], [32]Se han considerado las siguientes:

- Confidencialidad: resguardar la identidad del personal que participa en el estudio.
- Justicia: distribución justa de las personas que intervienen en la investigación, es decir que tanto las cargas y como los beneficios de la investigación sean compartidos de forma equitativa por todos los participantes.
- Beneficencia: no hacer daño, maximizar beneficios y reducir los riesgos hacia los que intervienen en el estudio.
- Respeto por las personas: tratar a los participantes como individuos autónomos e independientes, que participan de manera voluntaria y con conocimiento de la investigación.
- Observación participante: el investigador deberá prestar especial cuidado en la forma en que recolecte la información, debe ser objetivo, preciso y equilibrado.

Tabla 3. Matriz de consistencia

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA								
AUTOR:	OLENKA PAOLA ODAR JIMÉNEZ						FECHA: 27/03 /2021	
TÍTULO:	“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD, BASADO EN LA NORMA ISO13849, PARA REDUCIR RIESGOS EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE CERVEZA”							
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E.	Dimensiones	Indicadores		METODOLOGÍA	
1. Problema General:	1. Objetivo General:	Hipótesis General:	Variable independiente				1. Tipo de investigación:	
¿La implementación de un sistema de seguridad, basado en la norma ISO 13849, reducirá los riesgos en una empresa embotelladora de cerveza?	Implementar un sistema de seguridad, basado en la norma ISO 13849, para reducir riesgos en una empresa embotelladora de cerveza.	Mediante la implementación de un sistema de seguridad de máquina basado en la norma ISO 13849, se reducirá riesgos en una empresa embotelladora de cerveza.	SISTEMA DE SEGURIDAD BASADO EN LA NORMA ISO 13849	EVALUACIÓN DE RIESGOS	NIVEL DE PRESTACIONES POR MAQUINA	$PL_r = \textit{Gráfico de riesgos}$	Experimental	
				REDUCCIÓN DE RIESGOS	PORCENTAJE DE IMPLEMENTACION SAM	$\% SAM = \frac{N^{\circ} MAQ. IMPLEMENTADAS CON SISTEMA SAM}{N^{\circ} MAQ. PROGRAMADAS POR IMPLEMENTAR SAM} * 100$		
				VALIDACIÓN POR MÁQUINA	PORCENTAJE DE CHECK LIST SAM CONFORMES	$\% CL_{SAM} = \frac{N^{\circ} DE CHECK LIST CONFORMES}{N^{\circ} DE MÁQUINAS CON SISTEMA SAM} * 100$		
	2. Objetivos Específicos		Variable dependiente				2. Nivel de la Investigación:	
	1. Realizar la identificación de peligros y la evaluación de riesgos de todas las máquinas de la línea de envasado de la embotelladora, para determinar el nivel inicial de riesgo del personal que operan las máquinas.		RIESGO	PLANIFICACION	GRADO DE RIESGO POR MÁQUINA	$R = P * S$ $R = \textit{Riesgo}; P = \textit{Probabilidad}$ $S = \textit{Severidad}$	Aplicada	
					CAPACITACIONES EN SISTEMA SAM	$\% CE_{SAM} = \frac{N^{\circ} CAPACITACIONES SAM EJECUTADAS}{N^{\circ} CAPACITACIONES SAM PROGRAMADAS} * 100$		
	2. Cuantificar los riesgos para establecer qué nivel de seguridad implementar en cada máquina de la línea de envasado.							3. Diseño de la Investigación:
								Preexperimental
	3. Diseñar e implementar el sistema SAM en la línea de envasado, basándose en la norma ISO 13849.							4. Método:
								Cuantitativo
	4. Evaluar el nivel de riesgo en la línea de envasado luego de implementar las acciones correctivas.							5. Población:
								Operarios de línea de envasado de la embotelladora de cerveza
								6. Muestra:
								Poblacional
								7. Técnica de Recolección:
								Análisis documental y observación
								8. Instrumento de Recolección:
								Lista de cotejo, gráfico de riesgos, lista de verificación safety, lista de verificación SAM

Fuente: Elaboración propia

Resultados y discusión

El envasado de cerveza es uno de los procesos más importantes en la producción de cerveza ya que mide la productividad de una empresa. La línea de envasado, tema de estudio de esta tesis, cuenta con aproximadamente 10 años de operación y tiene una capacidad de envasar un aproximado de 20 mil cajas por turno de 8 horas, en esta empresa embotelladora de cerveza se trabaja tres turnos por día, a excepción de los días programados para el mantenimiento de las máquinas que son dos turnos por semana.

En esta tesis se trabajó el diseño SAM de las máquinas:

- Llenadora de botellas
- Paletizadora de cajas
- Depaletizadora de cajas
- Encajonadora de botellas
- Desencajonadora de botellas
- Lavadora de botellas
- Acumulador de cajas
- Etiquetadora de botellas

Como se encontró inicialmente el sistema de acceso seguro en las máquinas mencionadas, se describe en el Anexo 1.

Realizar la identificación de peligros y la evaluación de riesgos de todas las máquinas de la línea de envasado de la embotelladora, para determinar el nivel inicial de riesgo del personal que operan las máquinas

Se procedió a identificar en las máquinas mencionadas anteriormente, qué peligros se asocian a las tareas que el personal desarrolla estando las máquinas operativas; luego de identificar las tareas de mayor relevancia se procedió a la evaluación del riesgo de éstas (Anexo 2), para ello se tomó en cuenta los índices para la evaluación de los riesgos (Tabla N°04) y así estimar el grado de riesgo de cada tarea (Tabla N°05).

Tabla 4. Índices para la evaluación de riesgos

ÍNDICE	PROBABILIDAD				Severidad
	Personas expuestas	Procedimientos Existentes	Capacitación	Exposición al Riesgo	
1	De 1 a 3	Existen son satisfactorios y suficientes.	Personal entrenado. Conoce el peligro y lo previene.	Al menos una vez al año (S)	Lesión sin incapacidad (S)
				Esporádicamente (SO)	Disconfort / Incomodidad (SO)
2	De 4 a 12	Existen parcialmente y no son satisfactorios o suficientes.	Personal parcialmente entrenado, conoce el peligro, pero no toma acciones de control.	Al menos una vez al mes (S)	Lesión con incapacidad temporal (S)
				Eventualmente (SO)	Daños a la salud reversible (SO)
3	Mas de 12	No existen	Personal no entrenado, no conoce el peligro, no toma acciones de control.	Al menos una vez al día (S)	Lesión con incapacidad permanente / muerte (S)
				Permanentemente (SO)	Daño a la salud irreversible (SO)

Fuente: Elaboración propia. En base a la Ley N° 29783 – Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Tabla 5. Determinación del grado de riesgo

GRADO DEL RIESGO	PUNTOS
Trivial (TV)	4
Tolerable (TO)	De 5 a 8
Moderado (MO)	De 9 a 16
Importante (IM)	De 17 a 24
Intolerable (IT)	De 25 a 36

Fuente: Ley N° 29783

Se puede apreciar en la figura 1, el porcentaje de evaluación de riesgos de tarea por máquina luego del análisis realizado. Se detectó que en la etiquetadora el 50% de las tareas presentaron riesgo importante y el otro 50% riesgo moderado; en la llenadora de botellas el 75% de las tareas presentaron riesgo intolerables y el 25% riesgo importante; en el acumulador de cajas el 80% de las tareas presentaron riesgo importante y el 20% riesgo moderado; en la depaletizadora de cajas el 80% de las tareas presentaron riesgo importante y el 20% riesgo moderado; en la paletizadora de cajas el 80% de las tareas presentaron riesgo importante y el 20% riesgo moderado; en la encajonadora el 75% de las tareas presentaron riesgo importante y el 25% riesgo moderado; en la desencajonadora el 75% de las tareas presentaron riesgo importante y

el 25% riesgo moderado y en la lavadora de botellas el 100% de las tareas presentaron riesgo importante.

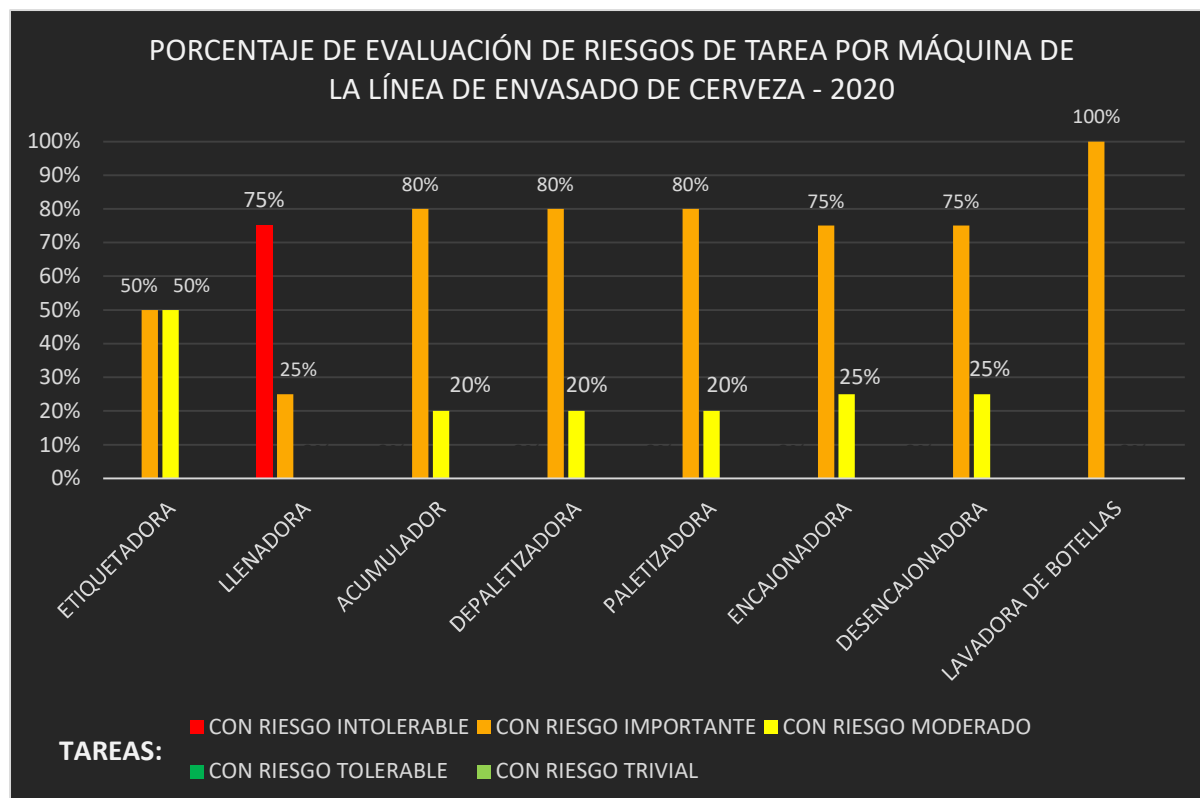


Figura 1. Porcentaje de evaluación de riesgos de tarea por máquina

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con el análisis anterior se priorizó realizar los sistemas de acceso seguro de la llenadora de botellas por ser más crítica, siguiendo la etiquetadora por tener dos tareas de alto porcentaje de criticidad y por ser ambas máquinas rotativas, luego las máquinas que son tipo robots cartesianas y por último las empacadoras y lavadora de botellas.

Se pudo determinar también que los riesgos más importantes que pueden sufrir los operarios de estas máquinas son: aplastamiento, atrapamiento, aprisionamiento, contusiones, fracturas, cortes, amputaciones y muerte.

Cuantificar los riesgos para establecer qué nivel de seguridad implementar en cada máquina de la línea de envasado

Para ello se procedió según la norma ISO 13849-1 [15], ver Anexos 3 y 4.

Con los resultados obtenidos, se determinó cual es el nivel de prestaciones requerido de manera general en cada máquina de la línea de envase de la empresa embotelladora de cerveza. (Ver

tabla 6). Dichos valores obtenidos nos permitieron seleccionar de manera adecuada los elementos necesarios para el diseño del sistema de seguridad de máquina requerido en el presente proyecto.

Tabla 6. Resumen de PLr para la reducción de riesgos en las máquinas

MÁQUINA	Nivel de prestaciones requerido (PLr)
ETIQUETADORA	d
LLENADORA DE BOTELLAS	e
ACUMULADOR	e
DEPALETIZADORA	e
PALETIZADORA	e
ENCAJONADORA	e
DESENCAJONADORA	e
LAVADORA DE BOTELLAS	e

Fuente: Elaboración Propia

Se observó además que de las ocho las máquinas analizadas que conforman la línea de envasado de cerveza un 87.5%, que corresponden a siete máquinas, presentan un nivel de PLr “e” y un 12,5%, que corresponde a una máquina, presenta un nivel de PLr “d”. (Ver figura 2)

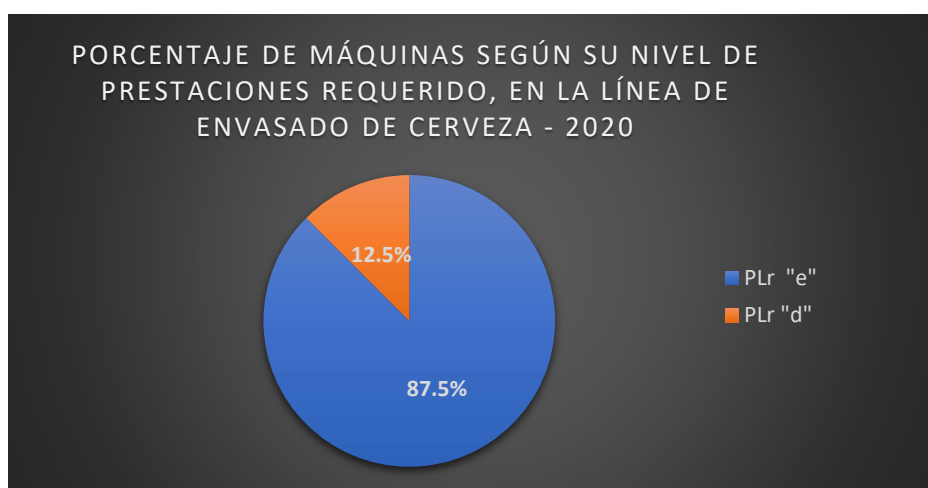


Figura 2. Porcentaje de máquinas según su PLr determinado

Fuente: Elaboración Propia

Diseñar e implementar el sistema SAM en la línea de envasado, basándose en la norma ISO 13849.

Luego de verificar las condiciones y funciones de seguridad con las que cuentan las máquinas de la línea de envasado, se inició con el diseño del sistema de seguridad que reduzca el nivel de riesgo, en operación, de cada una de las máquinas teniendo en cuenta el PLr respectivo. Ver Anexo 5.

De los ocho diseños de seguridad de máquinas realizados en el presente proyecto, se implementaron dos diseños: el sistema de acceso seguro a máquina de la etiquetadora de botellas y el sistema de acceso seguro a máquina de la llenadora de botellas. En la figura 3, se muestra un gráfico con el porcentaje de implementación de los sistemas de acceso seguro a máquina:

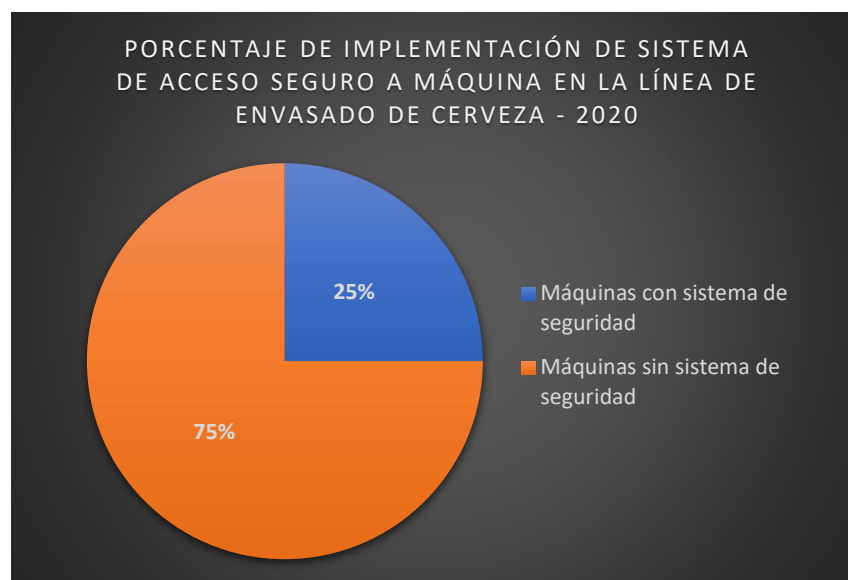


Figura 3. Porcentaje de implementación de sistema de acceso seguro a máquina

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico se puede apreciar que en solo un 25% de las máquinas se logró implementar el sistema de acceso seguro, en tanto que el 75%, aún está por implementar.

Evaluar el nivel de riesgo en la línea de envasado luego de implementar las acciones correctivas.

Es importante indicar que, de los diseños propuestos, se implementaron y pusieron en marcha el sistema de acceso seguro a máquina de las máquinas llenadora y etiquetadora de botellas. (Ver Anexo 6).

La figura 4, muestra el nivel de riesgo antes y después de implementar el Sistema SAM en la Llenadora y Etiquetadora de botellas.

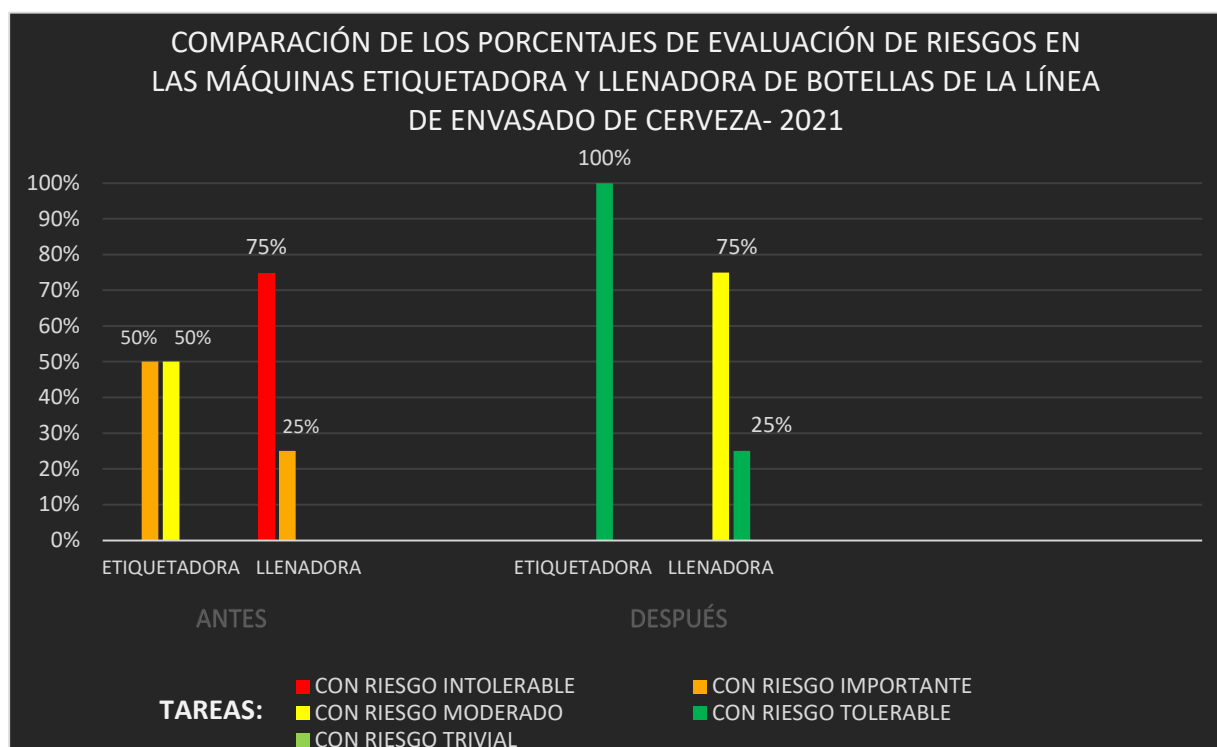


Figura 4. Comparación del porcentaje de estimación del grado de riesgo en las máquinas Etiquetadora y Llenadora de botellas; antes y después de la implementación del sistema de acceso seguro a máquina

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico muestra un comparativo entre los niveles de riesgo de las máquinas llenadora de botellas y etiquetadora de botellas antes y después de haber implementado los sistemas de acceso seguro a máquina. Se puede apreciar que inicialmente en la llenadora de botellas el 75% de las tareas son de riesgo intolerable y el 25% son de riesgo importante y en la máquina etiquetadora de botellas el 50% de las tareas son de riesgo importante y el otro 50% son de riesgo moderado; y que luego de implementarse los diseños de seguridad los niveles de riesgo en estas máquinas se redujeron, de tal forma que en la llenadora de botellas el 75% de las tareas bajó a riesgo moderado y el 25% a riesgo tolerable y en la máquina etiquetadora de botellas el 100% de las tareas bajaron a un nivel de riesgo tolerable; lo que se demuestra que sí existe reducción del nivel de riesgo en las máquinas donde se implementó el sistema de acceso seguro y por lo tanto su implementación en las máquinas restantes contribuirá significativamente a la reducción de riesgos en la empresa embotelladora de cerveza.

En los Anexos 7 y 8 se especifica el procedimiento de acceso seguro de las máquinas llenadora y etiquetadora respectivamente.

Discusión de resultados

- Para determinar el nivel del riesgo en las máquinas del proceso de envasado de cerveza, primero se identificaron las fuentes de peligro y qué riesgos se asocian a cada peligro, luego se procedió a evaluar los riesgos encontrados en base a dos características: la severidad del daño y la probabilidad de que ocurra; para determinar cuan severos y frecuentes podrían ser y poder determinar adecuadamente como reducirlos; el mismo procedimiento para la evaluación de riesgo realiza Kalle Jaatinen [35] en su tesis *Diseño y evaluación de la seguridad de la máquina con el sistema PacDrive3*, en donde los potenciales riesgos que presentan las celdas robóticas se analizan, basándose en la evaluación del riesgo por su gravedad y su probabilidad de ocurrencia, obteniéndose un valor numérico, que permite determinar el nivel de riesgo y qué controles son necesarios implementar para reducir los riesgos lo máximo posible, mediante el desarrollo de una función de seguridad. Determinar un nivel inicial de riesgo es importante porque permite, luego de ser implementado un sistema seguro de acceso, volver a realizar la evaluación de los riesgos y poder definir si se ha alcanzado el objetivo de reducir riesgos con el diseño de seguridad propuesto.
- Si bien en la tesis de Kalle Jaatinen [35] no se especifica el porcentaje de reducción del riesgo en las celdas robóticas, concuerda en que la aplicación de la norma ISO 13849, en un diseño de seguridad de máquina reduce efectivamente los riesgos encontrados debido a que los componentes seleccionados para el diseño cumplen con los requisitos de seguridad necesarios según el nivel de prestaciones requerido (PLr), de tal manera que, luego de la implementación de las medidas correctivas se logra mejorar el nivel de seguridad de las máquinas robot paletizador y etiquetadora haciendo que un futuro las situaciones de peligro sean poco probables.
- La evaluación de riesgos permitió priorizar el diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina llenadora de botellas, con el 75% de sus tareas con riesgo intolerable, y de la máquina etiquetadora de botellas, con el 50% de sus tareas con riesgo importante; otra razón de peso que llevó a priorizar el diseño de seguridad de estas máquinas es que ambas son máquinas móviles rotativas las mismas que pueden producir, por ejemplo, aplastamientos, cortes o fracturas por atascamientos con sus partes móviles o golpes por el movimiento de algunas de sus partes; lo que concuerda con Pallab Ganguly [37] en su tesis *Análisis comparativo entre los enfoques genéricos y MATCH para la implementación de una función*

de seguridad en un sistema de control utilizando las directrices ISO 13849-1: 2015 en la cual resalta lo importante que es priorizar que las máquinas móviles sean seguras para evitar accidentes mortales y no mortales ya que; según el autor de la tesis y la NIOSH, se puede reducir hasta en un 78% la tasa de mortalidad si la máquina puede detener su movimiento antes de entrar en contacto con un trabajador; de esta manera se pueden evitar lesiones por atascamientos, lesiones fatales por bordes afilados de la máquina, por movimientos no controlados de algunas de sus partes, entre otros.

- En el diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la etiquetadora de botellas se propuso un cerramiento perimetral con puertas de acceso con chapas magnéticas para detectar cuando una puerta se abre y poder detener la máquina; también se consideró la instalación de sensores en las micas cercanas a la zona de etiquetado, debido a que estas micas pueden ser retiradas para manipular las etiquetas o cambiarlas según formato; de esta manera cuando el operario retira la mica la máquina se detiene al activarse el sensor protegiéndolo de posibles atrapamientos, golpes o fracturas de las manos. Botones de paradas de emergencia, botones de reseteo y mandos manuales 38 dispositivos de habilitación que permiten el funcionamiento de la máquina a baja velocidad, fueron considerados también en el diseño. Este diseño de seguridad propuesto es similar al propuesto por Kalle Jaatinen [35] en su tesis *Diseño y evaluación de la seguridad de la máquina con el sistema PacDrive3*, el diseño que se propone en esta tesis consiste en un cerramiento con vidrio de seguridad o plástico de material resistente, las partes con posibilidades de apertura están protegidas con interruptores de puerta y enclavamientos, de tal manera que la apertura de estas guardias durante el funcionamiento normal provoque una parada segura de la máquina; presenta además una cortina de seguridad en el módulo de alimentación de rollo de etiquetas de la máquina. La máquina cuenta además con botones pulsadores de parada de emergencia que se encuentran alrededor de la máquina; la activación de los estos provocará una parada inmediata de la máquina. Todos los modos de funcionamiento también se controlan con la velocidad máxima segura de tal manera que evita que el operario haga un mal uso de la máquina estableciendo una velocidad de funcionamiento demasiado alta en las tareas de ajuste o calibración. El uso de cortina de seguridad en esta tesis no se implementa ya que en este diseño se ha considerado que la zona de etiquetado presente una guarda de protección con sensores de seguridad. Cabe indicar que todos los componentes del diseño de seguridad en ambas tesis fueron seleccionados previa determinación de su nivel de prestación requerido según la norma ISO 13849-1.

- Para determinar el nivel de prestaciones requerido (PLr) en las máquinas se han seguido los criterios y procedimientos indicados en la norma ISO 13849. Los cuales concuerdan con los criterios y procedimientos realizados por Leonardo Antonio Solís Cordova [36] en su tesis *Implementación de los sistemas de seguridad funcional para una célula de fabricación flexible*, que determinan el nivel de prestaciones requerido (PLr) teniendo en cuenta los criterios de: gravedad de la lesión (S), duración y/o frecuencia de la exposición al riesgo (F) y probabilidad de evitar el peligro o de limitar el daño (P). Luego se procede a determinar el PLr según el gráfico de riesgos. Hallar correctamente el PLr de una máquina permite elegir los componentes más adecuados para el sistema de seguridad que ayudarán a reducir los riesgos encontrados. Todo este análisis es necesario para diseñar el sistema de seguridad de cada una de las máquinas vistas en esta tesis.
- En el diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la peletizadora luego de la evaluación de riesgos de sus tareas se determinó, según la norma ISO 13849, un nivel de prestaciones requerido igual a “e” (PLr e) que concuerda con el nivel obtenido por Aleski Pullinen [34] en su tesis *Diseño de seguridad de la máquina: por aplicación*; en donde propone el diseño de seguridad para tres máquinas: paletizadora, envolvedora y plegadora. La evaluación de riesgos de la máquina paletizadora determinó un PLr e, debido a que pueden generarse accidentes por el ingreso del operario a la zona de paletizado si no se detiene la máquina a tiempo, como lesiones por golpe en los movimientos de elevación y translación del robot paletizador. La determinación del PLr es importante porque permite seleccionar de manera adecuada los componentes del sistema relacionados con la seguridad de la máquina.

Conclusiones

- Se realizó el análisis inicial de las riesgos en las máquinas del proceso de envasado y se determinó que en la máquina etiquetadora de botellas el 50% de las tareas son de riesgo importante y el otro 50% son de riesgo moderado, esto debido a que es una máquina rotativa que impide ver totalmente al operario cuando está operando o dando mantenimiento a la máquina esta puede ocasionar aplastamientos, aprisionamientos, golpes, heridas o fracturas y presenta también alto riesgo de explosión de botellas; en la máquina llenadora de botellas el 75% de las tareas son de riesgo intolerable y el 25% son de riesgo importante, esto se debe a que es una máquina rotativa de mayor tamaño que involucra además el uso de líquidos a presión y a altas temperaturas en su operación así como riesgo de corte por explosión de botellas. En las máquinas depaletizadora y paletizadora de cajas como en el acumulador de cajas el 80% de sus tareas presentaron riesgo importante y el 20% riesgo moderado, esto

debido a que estas máquinas son robots tipo cartesianos que realizan el traslado y elevación de las cajas y pueden generar severas lesiones al operario si es golpeado por estas máquinas en funcionamiento. En las máquinas encajonadora y desencajonadora de botellas el 75% de sus tareas presentaron riesgo importante y el 25% riesgo moderado, esto debido a que estas máquinas son robots tipo cartesianos que realizan el traslado y elevación de las botellas y pueden generar severas lesiones al operario si es golpeado por esta máquina y finalmente la máquina lavadora de botellas el 100% de sus tareas presentaron riesgo importante debido a que trabaja con líquidos a presión y a altas temperaturas como por ejemplo soda al 50% para el lavado de las botellas el mismo que puede ocasionar fugas o derrames y afectar a la seguridad del operario. A todo esto, se suma la falta de un sistema de seguridad que permita un acceso seguro a máquina para el operario que ingresa a realizar una determinada tarea, pudiendo ocurrir atrapamiento total o parcial del cuerpo.

- Según el análisis inicial del nivel de prestaciones requerido por máquina, de un total de 8 máquinas; se determinó que un 87.5% presentó un PLr “e” y el 12.5% un PLr “d”; lo que permitió elegir adecuadamente las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad (sensores, relés, cortinas e interruptores de seguridad, entre otros) para volver la máquina segura según su PLr obtenido.
- La propuesta para la reducción del riesgo se basó en un control a nivel de ingeniería, por lo que se plantearon ocho diseños de acceso seguro a máquina bajo la norma ISO-13849; se realizaron dos diseños (los sistemas SAM de la llenadora y etiquetadora de botellas) lográndose alcanzar un 25% de implementación de los sistemas de acceso seguro propuestos.
- Se logró una efectiva reducción de riesgos, en las máquinas donde se implementó el sistema de seguridad, llevándolos a niveles aceptables dentro de la mayor eficiencia productiva, evitando consecuencias importantes sobre los operarios de dichas máquinas. Así lo demuestra la evaluación de riesgos luego de implementar el sistema de acceso seguro, en donde se muestra que en la máquina etiquetadora de botellas el 100% de sus tareas bajaron a riesgo tolerable y en la máquina llenadora de botellas el 75% de sus tareas bajaron a riesgo moderado y el 25% a riesgo tolerable, lo que indica que ambas máquinas son más seguras para el operario.

Recomendaciones

- Se recomienda para futuras investigaciones complementar con un estudio SBC (Seguridad Basado en el Comportamiento) con el fin de mejorar el comportamiento de los operarios en el desarrollo de prácticas seguras en operación de las máquinas. Se podría incluir un procedimiento estándar de operación que ayude a reducir los incidentes.
- Se recomienda para futuras investigaciones realizar el análisis del PLr mediante software especializado que permita determinar rápidamente los componentes de seguridad a implementar.
- Se recomienda para futuras investigaciones, analizar los indicadores de proceso que muestran la frecuencia de intervención del operario en la máquina, con el fin de identificar el porqué de la intervención y hacerla más segura.
- Se sugiere para investigaciones futuras utilizar en la recolección de datos, un aplicativo que permita reportar en tiempo real las condiciones inseguras o fallas de las máquinas con respecto a su sistema de seguridad para un rápido análisis de la información.
- Se recomienda para futuras investigaciones, ante nuevas tareas que se encuentren, realizar sólo el análisis de estas nuevas tareas para establecer el nivel de seguridad que requieran y determinar su nivel de prestaciones requerido (PLr).
- Se recomienda para futuras investigaciones aplicar la versión más reciente de la norma ISO 13849, ya que pueden añadirse nuevos criterios para diseñar sistemas seguros de acceso.
- Se recomienda para investigaciones futuras complementar con un análisis de la fiabilidad de los componentes; es decir, determinar la posibilidad de que los componentes fallen en un tiempo determinado, ya que con este método se determina el tiempo máximo de servicio de los componentes del sistema de seguridad de máquina.
- Se recomienda continuar con la implantación del sistema de seguridad en las demás máquinas de la línea de envasado, para una mayor reducción de los niveles de riesgos por máquina.

V. Lista de referencias

- [1] Organización Internacional del Trabajo, «Seguridad y salud en el centro del futuro trabajo,» Suiza, 2019.
- [2] J. Diaz Dumont, S. Suarez Mansilla, R. Santiago Martinez y E. Bizarro Huaman, «Accidentes laborales en el Perú: Análisis de la realidad a partir de datos estadísticos.,» *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. 25, nº 89, pp. 312-329, 2020.
- [3] Superintendencia de seguridad Social (Chile), «Informe Anual 2019 Estadísticas de Seguridad Social,» Gobierno de Chile, Santiago, 2020.
- [4] Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral - SUNAFIL, «Plataforma digital única del Estado Peruano,» Gobierno del Perú, 17 febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.gob.pe/institucion/sunafil/noticias/219106-sunafil-sanciona-a-2-mil-empresas-en-el-2019-por-afectar-la-seguridad-y-salud-de-mas-de-270-mil-trabajadores>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [5] Oficina de Estadística del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, «Anuario Estadístico Sectorial 2019,» Gobierno del Perú, Lima, 2020.
- [6] Oficina Internacional Del Trabajo - OIT, «Seguridad y Salud en la utilización de la maquinaria - Repositorio de recomendaciones prácticas de la OIT,» Oficina Internacional de Trabajo, Ginebra, 2013.
- [7] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P, «Informe sobre el estado de la seguridad y salud laboral en España. 2017,» Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P, Madrid, 2017.
- [8] Consejo Económico y Social España, «La Industria en España: propuesta para su desarrollo,» Consejo Económico y Social España, Madrid, 2020.
- [9] GTG Ingenieros. Seguridad Industrial., «Archivos mensuales mayo 2018: GTG Ingenieros. Seguridad Industrial.,» 21 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://gtg.es/2018/05/21/estadisticas-accident-labo-primer-tri-2018/>. [Último acceso: 25 08 2020].
- [10] GTG Ingenieros. Seguridad Industrial., «GTG Ingenieros. Seguridad Industrial.,» 07 junio 2018. [En línea]. Available: <https://gtg.es/2018/06/07/seguridad-en-maquinaria-industrial/>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [11] «Boletín ELE - 5: Principales resultados,» Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Santiago - Chile, 2019.
- [12] Valencia Sociedad por Acciones RTECH - Universidad Técnica Federico Santa María, «Generación de Estándares para la Operación Segura de Máquinas,» Chile, 2019.
- [13] Normas Iso, «Normas ISO,» Normas ISO, [En línea]. Available: <https://www.normas-iso.com/iso-12100-seguridad-de-las-maquinas/>. [Último acceso: 25 agosto 2020].

- [14] Asociación Española de Normalización y Certificación, «UNE - EN ISO 13849-1,» AENOR, Madrid, 2016.
- [15] Rockwell Automation, «SAFEBOOK 4: Sistemas de seguridad para maquinaria industrial,» Rockwell Automation Inc., 2011.
- [16] Schneider Electric, «Manual de seguridad en máquinas,» España.
- [17] Pilz, «Pilz,» Pilz GmbH & Co. KG, [En línea]. Available: <https://www.pilz.com/es-MX/support/knowhow/law-standards-norms/functional-safety/en-iso-13849-1>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [18] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, «Plataforma digital única del Estado Peruano,» 24 abril 2012. [En línea]. Available: <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/seguridad-y-salud/reglamento-ley29783.pdf>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [19] ISOTOOLS EXCELLENCE, «Blog Calidad y Excelencia: ISOTOOLS EXCELLENCE,» 10 septiembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.isotools.org/2015/09/10/riesgo-laboral-definicion-y-conceptos-basicos/>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [20] RIMAC, «FACTORES DE RIESGO: RIMAC RIESGOS LABORALES,» [En línea]. Available: <http://prevencionlaboralrimac.com/Herramientas/Factores-riesgo>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [21] A. J. C. d. I. Pinos, «Nueva metodología de evaluación de riesgos laborales adaptada a obras de edificación: Nivel de la acción preventiva,» Madrid, 2017.
- [22] M. d. T. y. P. d. Empleo, «Reglamento de la Ley N°29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo,» Lima, 2012.
- [23] «Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo,» Lima, 2016.
- [24] ABB Jokab Safety, «Seguridad en sistemas de control según norma EN ISO 13849-1,» ABB, Barcelona, 2011.
- [25] Seis Maquinaria S.L.L., «Seguridad en maquinaria EN ISO 13849-1,» Barcelona.
- [26] R. N. D. Moya, «EVALUACION DE RIESGOS DE INCENDIO PARA EDIFICIOS DE VIVIENDAS EN PROPIEDAD HORIZONTAL EN EL DMQ USANDO EL PROGRAMA COMPUTACIONAL DEL METODO F.R.A.M.E.,» Quito, 2011.
- [27] Duoc UC, «Biblioteca: Duoc UC,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [28] P. C. B. F. H. P. Leonor Buendía Eisma, Métodos de Investigación en Psicopedagogía, Madrid: Mc Graw Hill, 1998.

- [29] A. Terán, «ONLINE TESIS,» 2 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/>. [Último acceso: 25 agosto 2020].
- [30] N. E. L. M. Guillermo Campos y Covarrubias, «La observación, un método para el estudio de la realidad,» *Xihmai*, vol. VII, nº 13, pp. 45-60, 2012.
- [31] «Principios de la Ética de la Investigación y su Aplicación,» *REVISTA MEDICA HONDURA*, vol. 80, nº 2, pp. 75-76, 2012.
- [32] N. A.-M. Ana Lucía Noreña, «Aplicabilidda de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa,» *Aquichan*, vol. 12, nº 3, pp. 263 - 274, 2012.
- [33] I. U. E. Fco. Javier Badiola Aldarondo, «Máquinas: diseño de las partes de los sistemas de mando relativas a la seguridad,» 2012.
- [34] A. Pullinen, «Machine safety design – per application». 2017. [En línea]. Available: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124553/Pullinen_Aleksi.pdf?sequence=2. [Último acceso: 25 agosto 2024].
- [35] K. Jaatinen, «Machine safety design and risk assessment with PacDrive3 system». 2018. [En línea]. Available: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124553/Pullinen_Aleksi.pdf?sequence=2. [Último acceso: 25 agosto 2024].
- [36] L. A. Solís Cordova, «Implementación de los sistemas de seguridad funcional para una célula de fabricación flexible». 2018. [En línea]. Available: <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71158/fichero/TFM-1158-SOLIS.pdf>. [Último acceso: 25 agosto 2024].
- [37] P. Ganguly, «Comparative analysis between generic and MATCH approaches for implementation of a safety function in a control system using iso 13849-1:2015 guidelines». 2020. [En línea]. Available: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/121088/GangulyPallab.pdf>. [Último acceso: 25 agosto 2024].
- [38] Y. Chinniah, «Analysis and prevention of serious and fatal accidents related to moving parts of machinery,» *Safety Science*, vol. 75, pp. 163-173, 2015
- [39] M. Hietikko, T. Malm, Heikki Saha, «Comparing performance level estimation of safety functions in three distributed structures,» *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 134, pp. 218-229, 2015.

Anexos

Anexo 1: Situación inicial de las condiciones de acceso seguro en las máquinas del proceso de envasado de cerveza

Descripción del proceso

Las cajas provenientes en parihuelas son ingresadas por los montacarguistas al transporte de parihuelas, la peletizadora se encarga de retirar capa por capa y llevarlas al transporte de cajas, en donde estas se trasladan hasta llegar a la descajonadora es ahí donde esta máquina separa las botellas de las cajas dividiéndose en dos transportes: transporte de cajas y transporte de botellas. Las cajas son transportadas a la lavadora de cajas en donde estas son lavadas y son trasladadas por el transporte a la entrada de la encajonadora; mientras tanto las botellas que salieron de la descajonadora se trasladan por el transporte de botellas hacia la lavadora de botellas que tiene una capacidad de 40 mil botellas por hora. Luego de ser lavadas están listas para ingresar a la llenadora, no sin antes pasar por un inspector de botellas vacías el cual separa cualquier las botellas con cualquier suciedad, objetos extraños, defectos en la botella (rotas o quebradas) y botellas de otro formato. Las botellas buenas llegan a la llenadora la cual tiene una velocidad de 35 mil botellas por hora, después de salir llenas las botellas y con tapa de la llenadora, pasa por el inspector de botellas llenas el cual separa las botellas bajas y de sobre nivel; las botellas salen de la llenadora a una temperatura de 18°C y como deben estar a temperatura ambiente para que puedan ser bien etiquetadas pasan por una máquina que es un calentador de botellas llamada warmer con una velocidad de 40mil botellas por hora. Luego de salir las botellas a temperatura ambiente las botellas son transportadas hacia las etiquetadoras donde se les coloca las etiquetas según el formato que este programado en ese turno. A las salidas de las etiquetadoras hay un inspector de nivel y de etiquetas, el cual rechaza cualquier faltante de etiquetas y botellas bajas y de sobre nivel. Luego las botellas son codificadas y llevadas por el transporte de botellas a la entrada de la encajonadora la cual se encarga de tomar las botellas y colocarlas en las cajas; las cajas ya con producto pasan por un inspector de cajas llenas el cual se encarga de verificar que las cajas estén completas en caso contrario son rechazadas. Luego las cajas a través del transporte de cajas son llevadas a la paletizadora donde esta máquina las acomoda por capas y las apila en parihuelas para ser finalmente retiradas por los montacarguistas y llevadas a almacén para su posterior distribución.

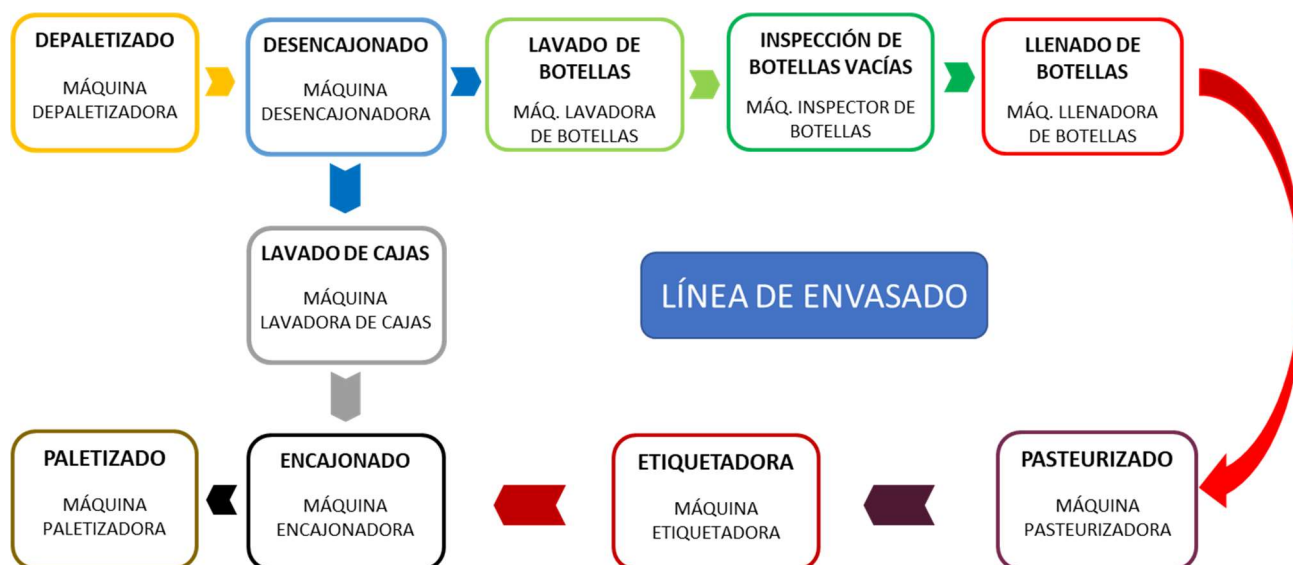


Figura. Diagrama de flujo de la línea de envasado de cerveza.

Fuente: Elaboración propia

Es importante identificar que tan segura es la máquina, es decir, con qué condiciones de seguridad cuenta la máquina para garantizar la seguridad del operario encargado de realizar alguna tarea en específico en ella; para ello se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en la “Tabla de evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina” el cual permitió evaluar, mediante un lista de verificación de condiciones de seguridad establecidos, el estado de la condiciones de seguridad en la máquina (implementado “1”, no implementado “0” o no aplica “NA”) para establecer el porcentaje de condiciones de seguridad implementadas por máquina, y así determinar qué tan segura es o no la máquina para el operario, o qué falta implementar, ya que el objetivo principal será que las máquinas tengan implementado al 100% todas las condiciones establecidas en la lista de verificación, para poder considerarla segura.

Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina

SECCIÓN DE INVENTARIO			SECCIÓN DE LISTA DE VERIFICACIÓN																	
Sitio	Línea	Máquina	Estado de la Condición														Prueba			EN GENERAL
			Inventario de Máquina	Diagrama Eléctrico	Inventario de Dispositivos de Seguridad	Actuadores Bloqueables	Protectores de Máquinas	Botones de Parada de Emergencia	Barreras de Luz	Trampas de llaves / Sistema Alternativo (por SOP)	Sistema de Silenciamiento	Relés de Seguridad / Módulos PLC	Ausencia de by-pass	Contactos NC utilizados para circuito de cableado	El circuito cableado de seguridad es independiente de las señales del PLC	Estado de Condición PROMEDIO	Prueba de Dispositivos de Seguridad	Imposibilidad de poner en marcha la máquina desde el PLC	Pruebas PROMEDIO	
LAMBAYEQUE	ENVASADO	ACUMULADOR DE CAJAS	1	1	0	0	1	1	0	NA	0	0	1	0	0	42%	1	0	50%	46%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	DEPALETIZADORA	1	1	0	0	1	1	0	NA	0	0	0	0	0	33%	0	0	0%	17%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	DESECAJONADORA	1	1	0	0	0	1	0	NA	NA	0	1	0	0	36%	0	0	0%	18%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	ENCAJONADORA	1	1	0	0	0	1	0	NA	NA	0	0	0	0	27%	0	0	0%	14%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	ETIQUETADORAS	1	1	0	0	0	1	0	NA	NA	0	0	0	0	27%	0	0	0%	14%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	LAVADORA DE BOTELLAS	1	1	0	0	0	1	0	NA	NA	0	0	0	0	27%	0	0	0%	14%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	LLENADORA	1	1	0	0	0	1	1	NA	NA	0	1	0	0	45%	0	0	0%	23%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	PALETIZADORA	1	1	0	0	0	0	1	NA	0	0	1	0	0	33%	0	0	0%	17%
LAMBAYEQUE	ENVASADO	MÁQUINA IDEAL	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%	1	1	100%	100%

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Resumen de porcentajes de implementación de condiciones de seguridad

Máquina	Porcentaje de implementación
Acumulador de cajas	46%
Depaletizadora	17%
Desencajonadora	18%
Encajonadora	14%
Etiquetadoras	14%
Lavadora de botellas	14%
Llenadora	23%
Paletizadora	17%
Máquina ideal	100%

Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra, en qué porcentaje de implementación de condiciones iniciales de seguridad se encontraron las máquinas que operan en el proceso de envasado de cerveza en comparación a una máquina ideal en la cual se encuentran implementadas todas las condiciones de seguridad establecidas en el cuadro. Se pudo observar que tres máquinas presentaron el porcentaje más bajo de implantación de condiciones de seguridad de máquina con un 14%, las cuales fueron: encajonadora, etiquetadoras y lavadora de botellas, le siguen la depaletizadora y la paletizadora con un 17% de condiciones de seguridad implementadas, luego la máquina desencajonadora con un 18%; finalmente las máquinas que cumplen con mayor porcentaje de condiciones de seguridad son la llenadora de botellas con un 23% y el acumulador de cajas con un 46% .

De estos datos podemos referir que las máquinas a priorizar serán aquellas que presentan un porcentaje del 14% de cumplimiento.

Cada máquina debe presentar ciertas condiciones que la hacen segura, la tabla siguiente nos muestra dichas listas de comprobación de condiciones de seguridad y en qué medida faltan cumplir, así, por ejemplo, se puede observar que todas las máquinas cumplen con la lista de comprobación de inventario de máquina y diagrama eléctrico, por lo que se consideran 0 máquinas pendientes; por otra parte se consideran que a ocho máquinas les falta inventario de: dispositivos de seguridad, actuadores bloqueables, relés de seguridad, contactos NC utilizados para circuitos de cableado, circuito cableado de seguridad es independiente de las señales del PLC. Seis máquinas no cuentan con lista de verificación de barreras de luz y protectores de máquina, cinco máquinas de ausencia de by-pass y tres de sistema de silenciamiento.

Tabla. Estados de condiciones de seguridad que faltan implementarse en las máquinas

Lista de verificación de Condición de Seguridad por máquina	Inventario de Máquina	Diagrama Eléctrico	Inventario de Dispositivos de Seguridad	Actuadores Bloqueables	Protectores de Máquinas	Botones de Parada de Emergencia	Barreras de Luz	Trampas de llaves / Sistema Alternativo (por SOP)	Sistema de Silenciamiento	Relés de Seguridad / Módulos PLC	Ausencia de by-pass	Contactos NC utilizados para circuito de cableado	El circuito cableado de seguridad es independiente de las señales del PLC
N° de lista de verificación de condiciones de seguridad por cumplir	0	0	8	8	6	1	6	0	3	8	5	8	8

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

A continuación, se detalla cuáles fueron las condiciones iniciales del sistema de seguridad de las máquinas que se analizaron en este proyecto:

1. Llenadora de botellas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina)
- Desde un PLC se controla el arranque y paradas de la máquina, no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee cuatro motores: un motor principal para el movimiento de la máquina y tres motores para el transporte de salida. Cada motor es regulado por un variador, los cuales presentan paradas seguras conectadas al PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia debe ser activado por un relé o un controlador de seguridad independiente del PLC de la máquina.
- Presenta 3 botones E-Stop: uno en el panel operador, y en cada uno de los dos mandos manuales (JOG).
- La máquina cuenta con interruptores tipo mecánicos instalados en las bisagras de las puertas principales (del lado del operador) para detección de apertura y posterior parada de la máquina. El accionamiento de estos no provoca una parada segura de la llenadora; y

están directamente conectados por solamente un cable al PLC de la máquina y pueden ser deshabilitados en cualquier momento.

- *Condición inicial de su cerramiento perimetral:* La máquina llenadora es un carrusel circular que presenta un cerramiento octogonal (ocho puertas), teniendo una puerta adicional en el lado del coronador en la parte posterior. Solo las puertas principales (del lado del operador) cuentan con interruptores mecánicos, las demás puertas no cuentan con ningún tipo de sensor por lo que al abrirse no provoca que se detenga la máquina, siendo esto una condición insegura para los operarios.

Este cerramiento es importante ya que el carrusel contiene las botellas que están siendo llenadas y en cualquier momento puede desprenderse del carrusel alguna botella y producirse una explosión de esta y ocasionar accidentes.



Figura. Máquina Llenadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

2. Paletizadora de cajas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina).
- Desde un PLC se controla el funcionamiento de la máquina y la única parada de emergencia, esto no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee seis motores: cuatro motores son responsables de armar las capas de cajas (de 4x3 cajas) y dos motores son responsables del movimiento de traslación y

elevación del cabezal de la paletizadora, que apila en una formación de siete capas en las parihuelas. Cada motor es regulado por un variador, los cuales presentan paradas seguras conectadas al PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad independiente del PLC principal.

- Presenta un solo botón E-Stop que está directamente conectado por un cable de dos hilos al PLC de la máquina.
- *Condición inicial de su cerramiento perimetral:* No cuenta con un cerramiento perimetral, pero si debe tener, puesto que al no contar con un cerramiento los operarios están expuestos de que, en cualquier momento de operación de la máquina, se puedan caer las cajas y provocar accidentes a los operarios, siendo esta una condición insegura.



Figura. Máquina Paletizadora de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

3. Depaletizadora de cajas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina).
- Desde un PLC se controla el funcionamiento de la máquina y la única parada de emergencia, esto no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee seis motores: dos motores son responsables del movimiento de traslación y elevación del cabezal de la depaletizadora que trasladan las capas de cajas provenientes de las parihuelas a la mesa de distribución y cuatro motores son responsables de desarmar las capas de cajas (de 4x3 cajas) para ser enviadas al transporte unifilar de cajas. Cada motor es regulado por un variador, los cuales presentan paradas seguras conectadas al PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad independiente del PLC principal.
- Presenta un solo botón E-Stop que está directamente conectado por un cable de dos hilos al PLC de la máquina.
- *Condición inicial de su cerramiento perimetral:* No cuenta con un cerramiento perimetral, pero si debe tener, puesto que al no contar con un cerramiento los operarios están expuestos de que, en cualquier momento de operación de la máquina, se puedan caer las cajas y provocar accidentes a los operarios, siendo esta una condición insegura.

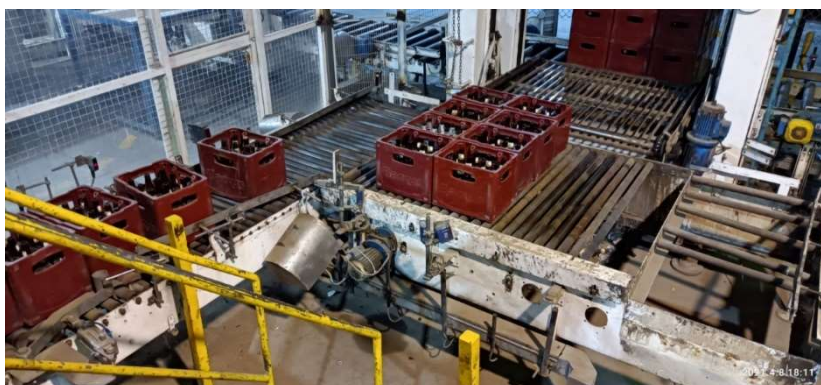


Figura. Máquina Depaletizadora de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza



Figura. Máquina Depaletizadora de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

4. Encajonadora de botellas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina).
- Desde un PLC se controla el funcionamiento de la máquina y la única parada de emergencia, esto no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee cinco motores: dos motores son responsables del movimiento de traslación y elevación del cabezal de la encajonadora que traslada las botellas a las cajas, un motor de la mesa de botellas, un motor de transporte de cajas y un motor de transporte de salida de cajas. Cada motor es regulado por un variador, los cuales presentan paradas seguras conectadas al PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad independiente del PLC principal.
- Presenta un solo botón E-Stop en el panel operador y está directamente conectado por un cable de dos hilos al PLC de la máquina.
- *Condición inicial de su cerramiento perimetral:* No cuenta con un cerramiento perimetral, pero si debe tener, puesto que al no contar con un cerramiento los operarios están expuestos a que, en cualquier momento de operación de la máquina, se puedan caer las cajas y provocar accidentes a los operarios, siendo esta una condición insegura.

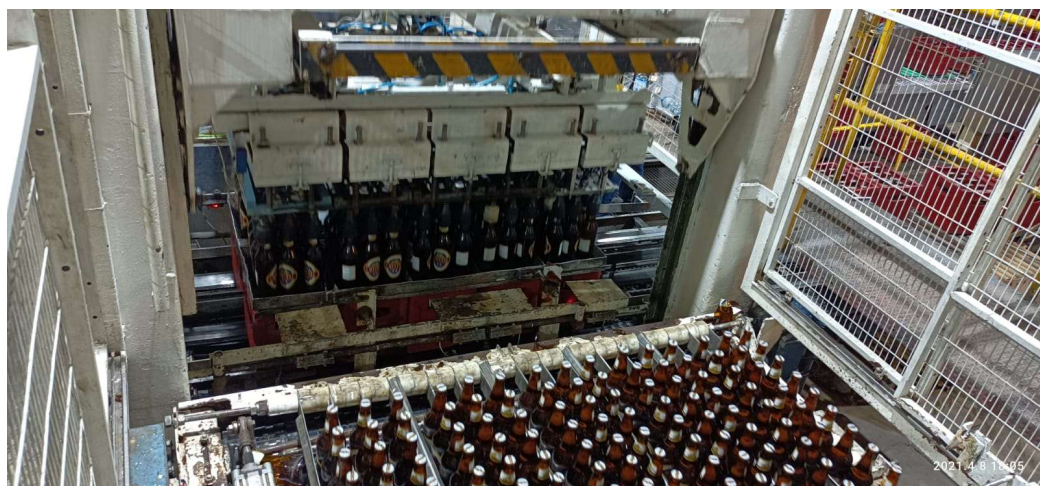
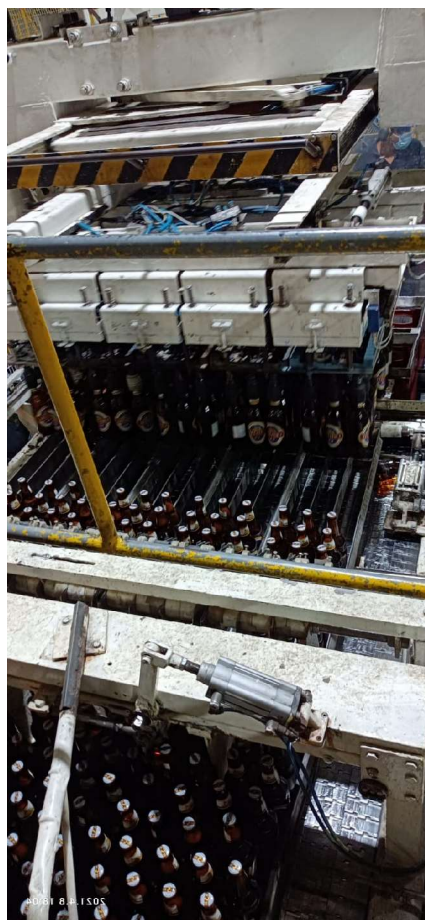


Figura. Máquina Encajonadora de Botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

5. Desencajonadora de botellas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina).
- Desde un PLC se controla el funcionamiento de la máquina y la única parada de emergencia, esto no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee cinco motores: dos motores son responsables del movimiento de traslación y elevación del cabezal de la desencajonadora que retira las botellas de las cajas, un motor de la mesa de botellas, un motor de transporte de cajas y un motor de transporte de salida de cajas. Cada motor es regulado por un variador, los cuales presentan paradas seguras conectadas al PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad independiente del PLC principal.
- Presenta un solo botón E-Stop en el panel operador y está directamente conectado por un cable de dos hilos al PLC de la máquina.
- **Condición inicial de su cerramiento perimetral:** No cuenta con un cerramiento perimetral, pero si debe tener, puesto que al no contar con un cerramiento los operarios están expuestos de que, en cualquier momento de operación de la máquina, se puedan caer las cajas y provocar accidentes a los operarios, siendo esta una condición insegura.

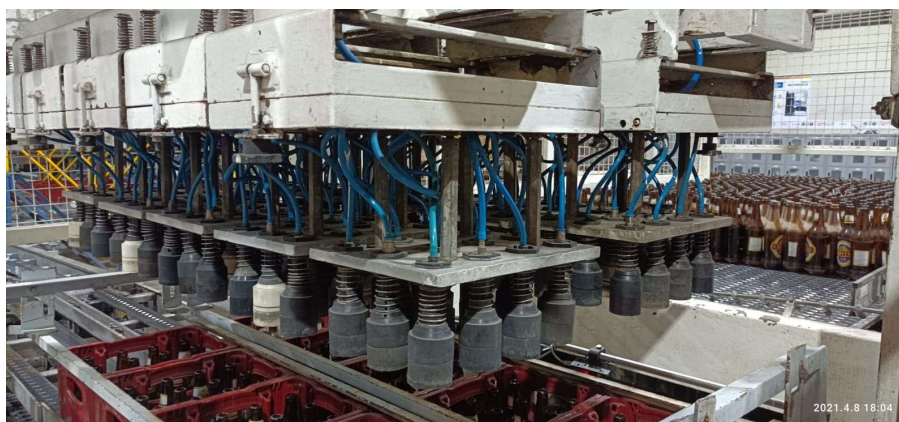


Figura. Máquina Desencajonadora de Botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza



Figura. Máquina Descajonadora de Botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

6. Lavadora de botellas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina).
- Desde un PLC se controla el arranque y paradas de emergencia de la máquina, esto no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee nueve motores: un motor principal que mueve toda la máquina; un motor por cada tanque de soda, siendo en total tres tanques de soda, estos tanques son los principales en la limpieza de las botellas; dos motores adicionales para los dos tanques de enjuague. También cuenta con tres motores para los extractores de etiqueta de cada tanque de soda. Solamente el motor principal cuenta con variador de frecuencia y los demás motores tienen arranque por contactores delta – estrella. El motor principal que es controlado por un variador de frecuencia presenta una parada segura que está conectada al PLC; el arranque de los demás motores también es controlado desde el PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad, así mismo el bloque de los contactores de arranque de los demás motores también debe hacerse a través de un relé o un controlador de seguridad, todos independientes del PLC principal.
- Presenta tres botones E-Stop, uno ubicado en el panel operador en la mesa de carga, otro ubicado en la mesa de descarga y uno en el mando manual (JOG), todas estas paradas de emergencia están directamente conectadas por un cable de dos hilos al PLC de la máquina.
- *Condición inicial de su cerramiento perimetral:* No cuenta con un cerramiento perimetral porque no es necesario, pero si debe tener cortina de seguridad en la mesa de carga y en la mesa de descarga de botellas para seguridad del operario.



Figura. Máquina Lavadora de Botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

7. Acumulador de cajas

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina).
- Desde un PLC se controla el funcionamiento de la máquina y la única parada de emergencia, esto no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando

independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.

- La máquina posee tres motores: dos para la elevación y translación del cabezal del acumulador de cajas y uno para el transporte de cajas. Cada motor es regulado por un variador, los cuales presentan paradas seguras conectadas al PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad independiente del PLC principal.
- Presenta un botón E-Stop en el panel principal que se encuentra directamente conectada por un cable de dos hilos al PLC principal.
- **Condición inicial de su cerramiento perimetral:** No cuenta con un cerramiento perimetral, pero si debe tener, puesto que al no contar con un cerramiento los operarios están expuestos de que, en cualquier momento de operación de la máquina, se puedan caer las cajas y provocar accidentes a los operarios, siendo esta una condición insegura.

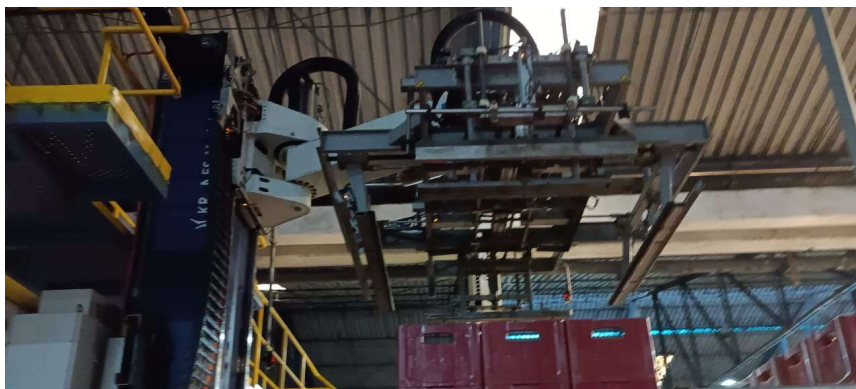


Figura. Máquina Acumulador de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

8. Etiquetadora de botellas:

- Presenta un sistema de seguridad que no es eficiente y no cumple con el estándar de seguridad ISO-13849. (Ver Tabla. Evaluación de condiciones iniciales de seguridad de máquina)
- Desde un PLC se controla el arranque y las paradas de la máquina, no es lo ideal ya que este no posee módulos Safety. El PLC (Controlador Lógico Programable) es el encargado de bloquear los actuadores del sistema, los mismos que se pueden reactivar desde la programación del PLC y seguir funcionando independientemente si un trabajador ingresa a la máquina, lo cual puede ocasionar accidentes muy graves e irreversibles.
- La máquina posee 3 motores: el motor principal es controlado por un variador de frecuencia y dos motores de cepillos que se activan por arranque directo. El motor principal que es controlado por un variador de frecuencia presenta una parada segura que está conectada al PLC; el arranque de los demás motores también es controlado desde el PLC; esto no es lo ideal porque no cumple de que la parada segura que contiene el variador de frecuencia deba ser activado por un relé o un controlador de seguridad, así mismo el bloque de los contactores de arranque de los otros dos motores también debe hacerse a través de un relé o un controlador de seguridad, todos independientes del PLC principal.
- Presenta 3 botones E-Stop: uno en el gabinete de operación, uno en la consola móvil y otro cerca de la zona de etiquetado. Todas estas paradas de emergencia están directamente conectadas por un cable de dos hilos al PLC principal.
- La máquina cuenta con interruptores tipo mecánico instalados en bisagras de puertas para detección de apertura y posterior parada de la máquina. El accionamiento de estos no provoca una parada segura de la etiquetadora. También posee un par de clavijas de seguridad instaladas en algunas de sus puertas, las cuales están operativas, pero no cumplen con los niveles de seguridad requeridos debido a que están directamente conectados por solamente un cable de dos hilos al PLC principal y pueden ser deshabilitados en cualquier momento.
- **Condición inicial de su cerramiento perimetral:** La máquina no tiene una geometría uniforme, por lo cual se utiliza como cerramiento perimetral actual puertas transparentes acrílicas entre curvadas y rectas que ocupan cada cara y la salida de botellas de la máquina. Las puertas de la zona de: entrada de botellas, la porta etiquetas y el contra etiquetas; poseen interruptores conectados.



Figura. Máquina Etiquetadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Algunas de las puertas tienen un espacio para la entrada de las etiquetas por donde podría entrar una mano o brazo con la máquina en movimiento. Hay varias zonas alrededor de la máquina que no están completamente cerradas, esto debido a su forma irregular.

Anexo 2: Identificación de peligros y estimación de riesgos por máquina

Tabla. Identificación de peligros y estimación del grado de riesgos de la llenadora de botellas

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad					Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: LLENADORA DE BOTELLAS										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento , Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	2	2	2	3	9	3	27	Intolerable	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	2	2	2	3	9	3	27	Intolerable	
3. Regulación de formatos de botella cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	2	2	2	3	9	3	27	Intolerable	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	Contusiones, heridas, fracturas,	2	2	2	3	9	2	18	Importante	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina Paletizadora

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad					Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: PALETIZADORA										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
2. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas con botellas con producto y/o vidrio por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
4. Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
5. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas con botellas con producto y/o parihuelas.	Contusiones, heridas, fracturas	1	2	2	3	8	2	16	Moderado	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina
Depaletizadora

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS									
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos						Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad				Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza									
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina									
Máquina: DEPALETIZADORA									
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	3	24	Importante
2. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas con botellas vacías y/o vidrio por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
4. Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
5. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas con botellas vacías y/o parihuelas.	Contusiones, heridas, fracturas	1	2	2	3	8	2	16	Moderado

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina Encajonadora

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS									
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos						Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad				Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza									
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina									
Máquina: ENCAJONADORA									
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	3	24	Importante
2. Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto y/o cajas.	Contusiones, heridas, fracturas	1	2	2	3	8	2	16	Moderado

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina
Desencajonadora

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS									
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos						Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad				Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza									
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina									
Máquina: DESENCAJONADORA									
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	3	24	Importante
2. Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas vacías y/o cajas.	Contusiones, heridas, fracturas	1	2	2	3	8	2	16	Moderado

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina Lavadora de botellas

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS									
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos						Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad				Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza									
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina									
Máquina: LAVADORA DE BOTELLAS									
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizante.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	3	24	Importante
2. Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante
3. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas vacías.	Contusiones, heridas, quemaduras fracturas, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina Acumulador de cajas

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad					Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: ACUMULADOR DE CAJAS										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
2. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas sin botellas por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
4. Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
5. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas sin botellas y/o parihuelas.	Contusiones, heridas, fracturas,	1	2	2	3	8	2	16	Moderado	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina Etiquetadora

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad					Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: ETIQUETADORA										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	2	16	Moderado	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
3. Regulación de etiquetas cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	Contusiones, heridas, fracturas,	1	2	2	3	8	2	16	Moderado	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Resumen de resultados del análisis de riesgos

MÁQUINA TAREA / RIESGO	ETIQUETADORA	LLENADORA DE BOTELLAS	ACUMULADOR	DEPALETIZADORA	PALETIZADORA	ENCAJONADORA	DESENCAJONADORA	LAVADORA DE BOTELLAS
En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	16	27	NO APLICA	0	0	0	0	24
Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	24	27	0	0	0	24	0	0
Regulación de etiquetas cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	24	0	0	0	0	0	0	0
Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	16	18	0	0	0	0	0	0
Regulación de formatos de botella cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	0	27	0	0	0	0	0	0
Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas sin botellas por trabamiento	0	0	24	0	0	0	0	0
Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	0	0	24	24	24	0	0	0
Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	0	0	24	24	24	0	0	0
Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas sin botellas y/o parihuelas.	0	0	16	0	0	0	0	0
Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas con botellas vacías y/o vidrio por trabamiento	0	0	0	24	0	0	0	0

Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas con botellas vacías y/o parihuelas.	0	0	0	16	0	0	0	0
Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas con botellas con producto y/o vidrio por trabamiento	0	0	0	0	24	0	0	0
Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas con botellas con producto y/o parihuelas.	0	0	0	0	16	0	0	0
Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas vacías por trabamiento	0	0	0	0	0	24	24	0
Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto y/o cajas.	0	0	0	0	0	16	0	0
En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	0	0	24	24	24	24	24	0
Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas vacías por trabamiento	0	0	0	0	0	0	24	24
Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas vacías y/o cajas.	0	0	0	0	0	0	16	0
Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas vacías.	0	0	0	0	0	0	0	24

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Del cuadro anterior también se puede observar que en su mayoría las tareas presentan riesgo “IMPORTANTE”, un promedio de seis tareas (según la máquina) son consideradas con riesgo “MODERADO” y tres tareas (realizadas en la máquina llenadora) son consideradas con riesgo “INTOLERABLE”.

Además, se puede indicar que el mayor riesgo de las tareas está en la exposición a las piezas giratorias de las máquinas, al ingresar a las máquinas a retirar cajas, botellas con o sin producto, vidrios o parihuelas y a la exposición de fluidos a presión. Las tareas son muy similares debido al tipo de proceso que se desarrolla.

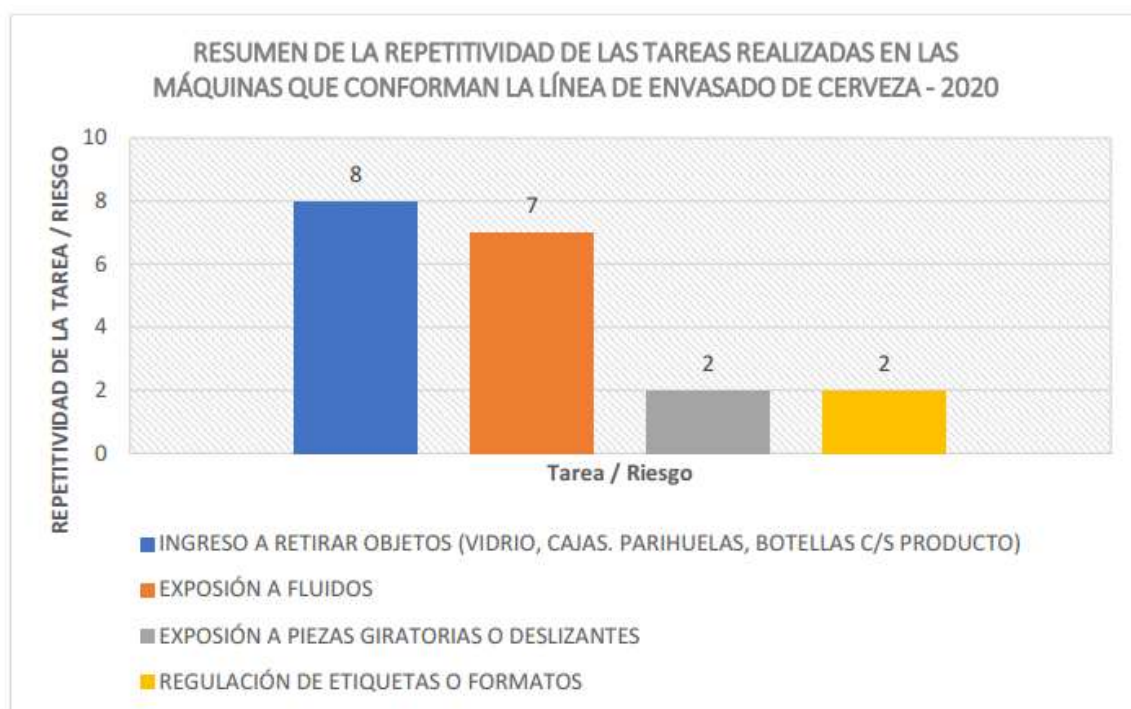


Figura. Repetitividad de las tareas realizadas en las máquinas que conforman la línea de envasado de cerveza - 2020

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Reporte de un accidente ocurrido en la máquina llenadora de botellas, la máquina no contaba con un sistema de acceso seguro.

El 13 de febrero de 2020, a las 09:50 p.m durante el arranque de la línea 1, posterior a un mantenimiento. El analista de calidad realiza test de luminometría, encontrando observaciones de limpieza en el coronador de llenadora de L1. Ante esto el supervisor de turno procede a coordinar el levantamiento de observaciones.

El líder de turno usando el botón de arranque de la máquina accionó el coronador y una vez detenido; el operador procede a limpiar el coronador. El operador, quien se encontraba de espaldas al supervisor, al observar que había quedado por limpiar una zona de difícil acceso, en ese momento el supervisor da marcha a la máquina, el operador se apoya colocando su mano izquierda en un punto de atrapamiento (*entre el dado coronador y placa de transferencia de tapas*), es ahí donde sufrió un atrapamiento en su mano izquierda, lo que causó una avulsión en el dedo medio. Al sentir el atrapamiento, retiró rápidamente su mano.

El operador se retira de la zona para revisar su mano y el supervisor procede a darle seguimiento. Inmediatamente, tras notar la lesión, proceden a llevar al operador al tópico para la evaluación médica.

La maquina no tenia JOG control, no tenía acceso seguro.



Figura. Reporte de accidente de atrapamiento de mano en máquina llenadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Anexo 3: Required Performance Level – PLr (Nivel de prestaciones requerido)

Permite especificar la capacidad de los elementos del sistema de control referentes a su confiabilidad para la implementación de una función de seguridad.

La severidad de la situación peligrosa presenta cinco niveles (a – e); así un PLr “a” representa un aporte bajo a la reducción del riesgo; en tanto que un PL “e” representa un aporte alto a la reducción del riesgo.

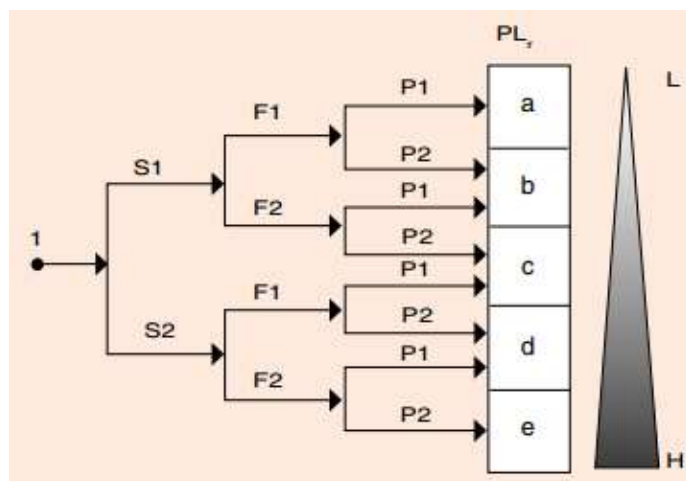


Figura. Gráfico de riesgos para el cálculo de PLr

Fuente: En base a la norma ISO 13849-1

Donde:

- 1: Punto de inicio
- L: Bajo aporte para reducir el riesgo
- H: Alto aporte para reducir el riesgo
- PLr: Nivel de prestaciones requerido

Factores de riesgo:

S: Gravedad de la lesión

- S1: Lesión reversible (leve)
- S2: Lesión irreversible (grave o muerte)

F: Duración y/o frecuencia a la exposición del peligro

- F1: Raro a bastante frecuente y/o de duración corta
- F2: Frecuente a continuo y/o de duración larga

P: Probabilidad de limitar el daño o de evitar el peligro

- P1: Posible en condiciones determinadas
- P2: Posible raramente

Se determinó el Performance Levels requerido – PLr (Nivel de Prestaciones requerido) para el diseño de las SRP/CS (sistemas de control de partes relacionadas con la seguridad) bajo la metodología del gráfico de riesgos de la norma ISO 13849-1.

Anexo 4: Cálculo de PLr por máquina

Tabla. Cálculo del PLr - Llenadora de botellas

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: LLENADORA DE BOTELLAS						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
3. Regulación de etiquetas cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas.	Contusiones, heridas, fracturas,	S1	F2	P2	c	

Fuente: Elaboración propia

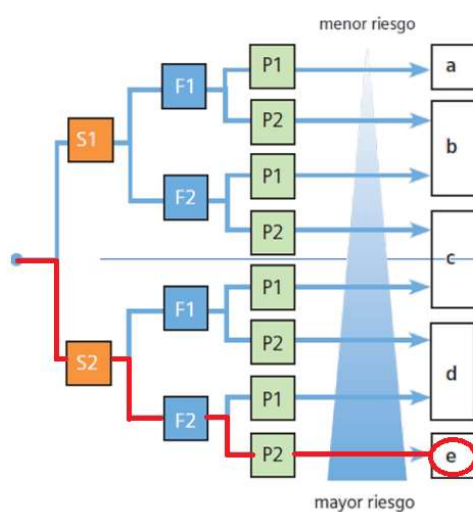


Gráfico de riesgos para cálculo de PLr – Llenadora

Luego del cálculo de PLr en la máquina LLENADORA se puede observar que para el diseño de los SRP/CS todos los equipos y dispositivos destinados al diseño del sistema de seguridad de máquina deberán ser seleccionados de acuerdo con el nivel de prestaciones requerido obtenido, en este caso PLr “e”.

Tabla. Cálculo del PLr – Paletizadora

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO					
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)	
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza					
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina					
Máquina: PALETIZADORA					
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e
2. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas con botellas con producto y/o vidrio por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e
4. Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e
5. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas con botellas con producto y/o parihuelas.	Contusiones, heridas, fracturas,	S1	F2	P2	c

Fuente: Elaboración propia

Tabla. Cálculo del PLr – Depaletizadora

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: DEPALETIZADORA DE CAJAS						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e	
2. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas con botellas vacías y/o vidrio por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
4. Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
5. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas con botellas vacías y/o parihuelas.	Contusiones, heridas, fracturas,	S1	F2	P2	c	

Fuente: Elaboración propia

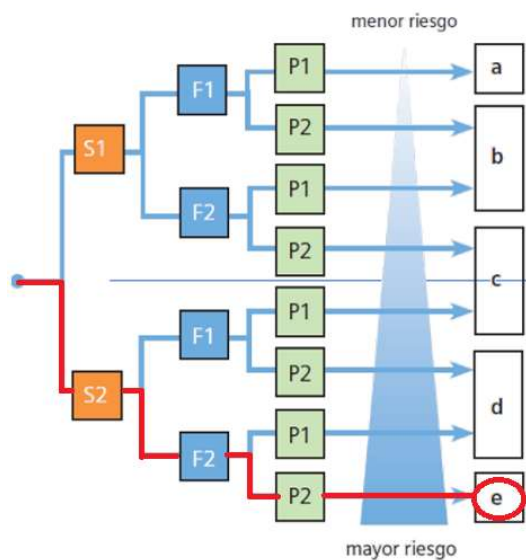


Gráfico de riesgos para cálculo de PLr - Depaletizadora

Luego del cálculo de PLr en la máquina DEPALETIZADORA se puede observar que para el diseño de los SRP/CS todos los equipos y dispositivos destinados al diseño del sistema de seguridad de máquina deberán ser seleccionados de acuerdo con el nivel de prestaciones requerido obtenido, en este caso PLr “e”.

Tabla. Cálculo del PLr – Encajonadora

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: ENCAJONADORA DE BOTELLAS						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e	
2. Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto y/o cajas.	Contusiones, heridas, fracturas	S1	F2	P2	c	

Fuente: Elaboración propia

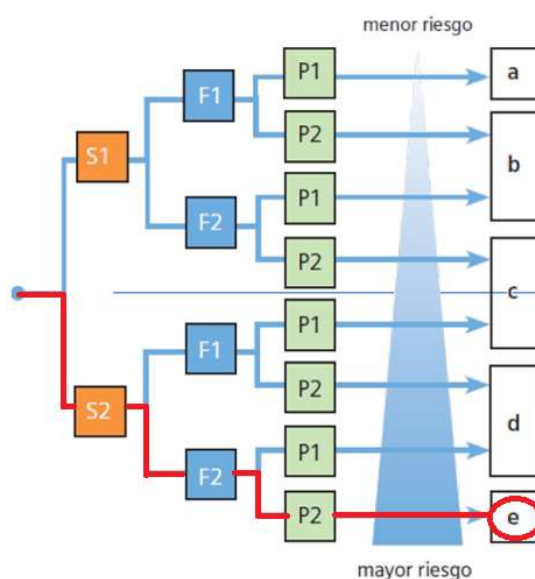


Gráfico de riesgos para cálculo de PLr - Encajonadora

Luego del cálculo de PLr en la máquina ENCAJONADORA se puede observar que para el diseño de los SRP/CS todos los equipos y dispositivos destinados al diseño del sistema de seguridad de máquina deberán ser seleccionados de acuerdo con el nivel de prestaciones requerido obtenido, en este caso PLr “e”.

Tabla. Cálculo del PLr – Desencajonadora

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: DESENCAJONADORA DE BOTELLAS						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas deslizantes.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e	
2. Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas vacías y/o cajas.	Contusiones, heridas, fracturas	S1	F2	P2	c	

Fuente: Elaboración propia

Tabla. Cálculo del PLr - Lavadora de botellas

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: LAVADORA DE BOTELLAS						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e	
2. Ingreso al interior de máquina para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas vacías por trabamiento	Contusiones, fracturas, cortes, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
3. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas vacías.	Contusiones, heridas, quemaduras, fracturas, muerte	S2	F2	P2	e	

Fuente: Elaboración: Propia

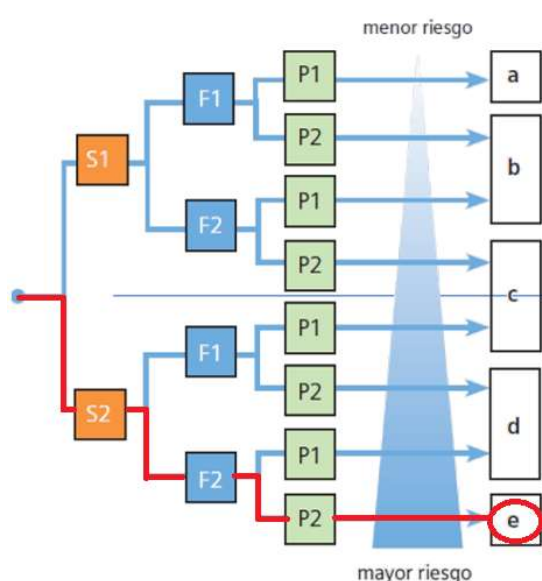


Gráfico de riesgos para cálculo de PLr - Lavadora de botellas

Luego del cálculo de PLr en la LAVADORA DE BOTELLAS se puede observar que para el diseño de los SRP/CS todos los equipos y dispositivos destinados al diseño del sistema de seguridad de máquina deberán ser seleccionados de acuerdo con el nivel de prestaciones requerido obtenido, en este caso PLr “e”.

Tabla. Cálculo del PLr - Acumulador de botellas

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: ACUMULADOR DE CAJAS						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S2	F2	P2	e	
2. Ingreso al interior de máquina para el retiro de cajas sin botellas por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
3. Ingreso al interior de máquina para el retiro de parihuelas de madera por trabamiento	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
4. Ingreso al interior de máquina para regulación de sensores de detección de cajas	Contusione, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F2	P2	e	
5. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar cajas sin botellas y/o parihuelas.	Contusiones, heridas, fracturas,	S1	F2	P2	c	

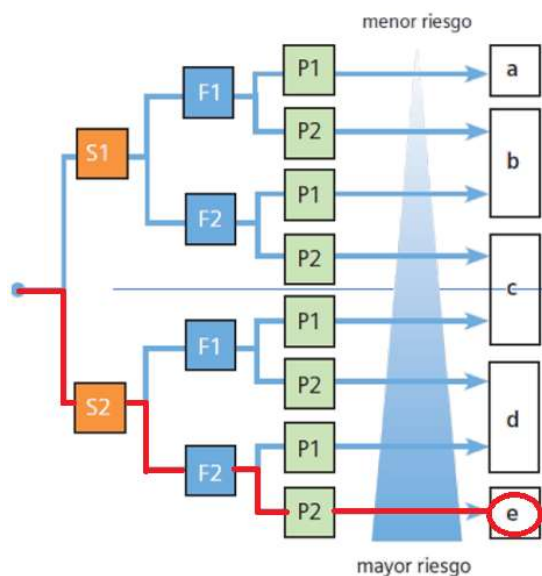


Figura. Gráfico de riesgos para cálculo de PLr - Acumulador de cajas

Luego del cálculo de PLr en la máquina ACUMULADOR DE CAJAS se puede observar que para el diseño de los SRP/CS todos los equipos y dispositivos destinados al diseño del sistema de seguridad de máquina deberán ser seleccionados de acuerdo con el nivel de prestaciones requerido obtenido, en este caso PLr “e”.

Tabla. Cálculo del PLr – Etiquetadora

PERFORMANCE LEVEL REQUERIDO (PLr) PARA LA REDUCCIÓN DE RIESGO						
Operación / Peligro	Daño posible	Factores de riesgo			PLr	
		Gravedad (S)	Frecuencia (F)	Probabilidad (P)		
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza						
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina						
Máquina: ETIQUETADORA						
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	S1	F2	P2	c	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F1	P2	d	
3. Regulación de etiquetas cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	S2	F1	P2	d	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas.	Contusiones, heridas, fracturas,	S1	F2	P2	c	

Fuente. Elaboración propia

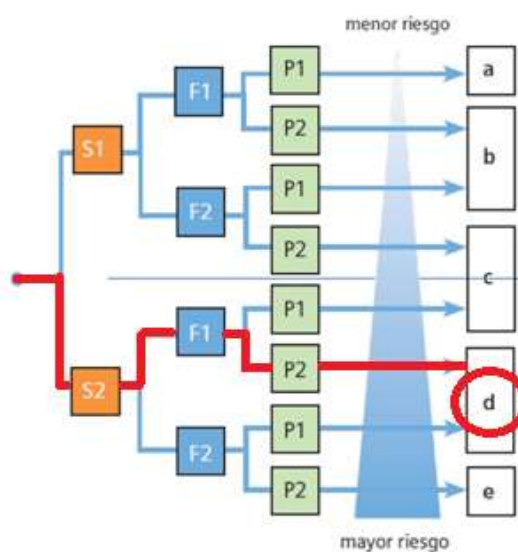


Gráfico de riesgos para cálculo de PLr - Etiquetadora

Luego del cálculo de PLr en la máquina se puede observar que para el diseño de los SRP/CS todos los equipos y dispositivos destinados al diseño del sistema de seguridad de máquina deberán ser seleccionados de acuerdo con el nivel de prestaciones requerido obtenido, en este caso PLr “d”.

Anexo 5: Diseños de los sistemas SAM según norma ISO 13849

1. Diseño del sistema SAM - Llenadora de botellas

La llenadora de botellas es una máquina móvil rotativa muy parecida a un carrusel a donde llegan las botellas vacías para ser llenadas con cerveza. La máquina llenadora cuenta con nueve puertas de ingreso, su disposición se puede apreciar en la figura.

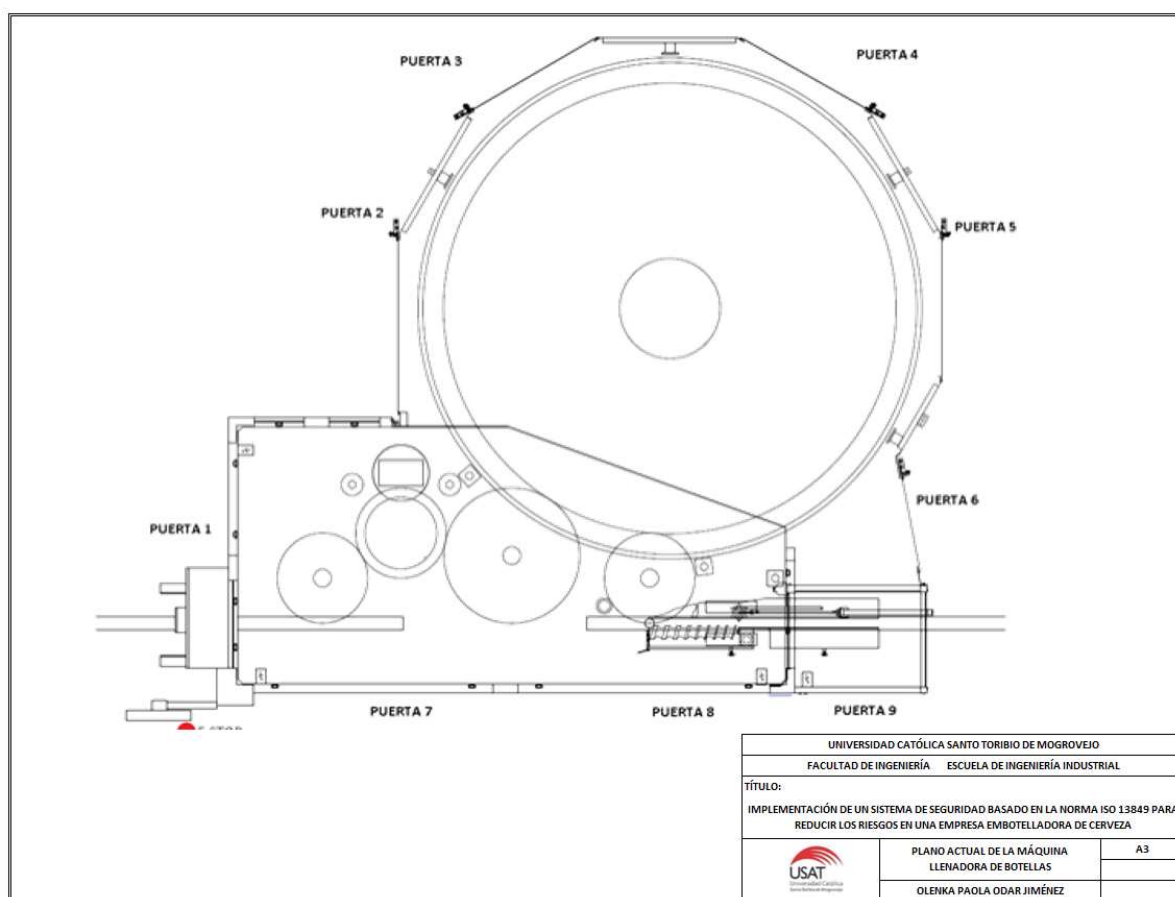


Figura. Plano actual de la máquina Llenadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

1.1 Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de acceso a la máquina:

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios por cualquiera de las nueve puertas que presenta la máquina; para ello se colocará un sensor en cada puerta para detectar cuando esta sea abierta; cuando una puerta sea abierta el sensor enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo. Si cualquier relé se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para rearrancar la máquina. Se ha considerado tres botones de reset (uno por cada tres puertas) de la siguiente manera:

- El reset del grupo 1 resetea los relés de seguridad de las puertas 1, 2 y 3
- El reset del grupo 2 resetea los relés de seguridad de las puertas 4, 5 y 6
- El reset del grupo 3 resetea los relés de seguridad de las puertas 7, 8 y 9

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-Stop:

Existen tres paradas de emergencia uno en el panel operador y uno en cada mando manual (jog), las tres paradas de emergencia se conectan en serie y serán llevadas directamente al relé de seguridad. El relé utilizado será de las mismas características del usado con los sensores de las puertas.

c) Con respecto a los mandos manuales:

Los dos mandos manuales (Jog manual) permiten el arranque manual de la máquina a baja velocidad para trabajos de ajuste y calibración en la máquina; anulando el paro de la máquina producido por alguno de los relés de seguridad de las puertas; ambos mandos manuales se conectarán en serie y serán llevados directamente a un relé de seguridad.

Las señales de todos de los relés de seguridad van directamente a un relé de seguridad principal del que depende la activación o desactivación del variador de frecuencia de los cuales depende el movimiento de la máquina.

Selección de los dispositivos de seguridad a utilizar en el diseño

a) Con respecto a las puertas de ingreso a la máquina:

Según el nivel de PLr de la máquina, el sensor PSEN cs3.1n de la marca PILZ, es el sensor seleccionado para ser parte del sistema de seguridad el mismo que es compatible con el relé de seguridad PNOZ s4, de la misma marca.

Se detalla a continuación las principales características de cada uno de ellos:

Sensor PSEN cs3.1n

Funciones:

- Segura desconexión de las salidas de seguridad al alejarse el accionador o al no ser detectado
- Mantiene la desconexión segura luego de alejarse el accionador
- Cumple los requisitos conforme a:
 - ✓ EN 60947-5-3: Pddb con uno de los accionadores homologados
 - ✓ EN 62061: SIL CL 3
 - ✓ EN ISO 13849-1: PL “e” (Cat. 4)
 - ✓ EN ISO 14119: Fase de codificación bajo, tipo4
- Debe utilizarse exclusivamente con uno de los accionadores homologados.
- El PL e (Cat. 4) /SIL CL 3 se alcanza cuando:
 - ✓ las salidas de seguridad son procesadas utilizando dos canales.
- Aplicación incorrecta:
 - ✓ Cualquier modificación hecha al producto,
 - ✓ Utilización del producto en lugares no descritos en el manual
 - ✓ Utilizar el producto de manera diferente a lo establecido en sus datos técnicos



Figura. Sensor PSEN cs3.1n, de la marca PILZ

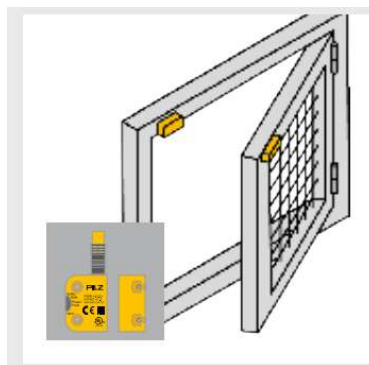


Figura. Montaje paralelo del sensor PILZ PSEN cs3.1n

Relé de seguridad PNOZ s4

Es el responsable de recibir la señal proveniente del sensor PSEN cs3.1n y enviar la orden para detener la máquina.

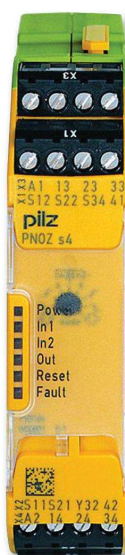


Figura. PNOZ s4 - Relé de seguridad PILZ

- Permite la apertura de un circuito de corriente de seguridad.
- Cumple con lo establecido para la seguridad funcional según EN ISO 13849 y EN 62061
- Aplicaciones:
 - ✓ Botones de E-Stop
 - ✓ Puertas de protección
 - ✓ Barreras de seguridad fotoeléctricas
- Aplicación incorrecta:
 - ✓ Cualquier modificación hecha al producto
 - ✓ Utilización del producto en lugares no descritos en el manual
 - ✓ Utilizar el producto de manera diferente a lo establecido en sus datos técnicos

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de acceso, serán necesarios nueve sensores PSEN cs3.1n y nueve relés de seguridad PNOZ s4.

b) Con respecto a las E-Stop:

Según el nivel de PLr de la máquina, el relé de seguridad PNOZ s4, es el relé seleccionado para ser parte del sistema de seguridad el mismo que fue descrito en el ítem anterior. A este relé de seguridad llegará una sola señal procedente de las tres paradas de emergencia que se conectarán en serie.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las paradas de emergencia, será necesario un relé de seguridad PNOZ s4.

c) Con respecto a los mandos manuales:

Según el nivel de PLr de la máquina, el transmisor de mando manual PITjog de la marca PILZ y su relé de seguridad compatible PNOZ s6 24VDC, son los dispositivos seleccionados para ser parte del sistema de seguridad. Se detalla a continuación las principales características de cada uno de ellos:

Transmisor de mando accionado manualmente PITjog

Se emplean para ejecutar trabajos en zonas de peligro de máquinas e instalaciones. Estos transmisores sirven, para controlar de manera manual algunas funciones de las máquinas con la puerta protectora abierta.

Se utilizará el Transmisor de mando manual PIT js2 bc, el mismo que es compatible con el dispositivo de mando a dos manos PNOZ s6.

Ventajas

- Trabajar de manera segura en zonas peligrosas (de máquinas o instalaciones)
- Permite visualizar los procesos con la puerta de protección abierta
- Modelo ergonómico para un cómodo manejo

Características

- Material de la carcasa: plástico resistente
- 02 pulsadores para mando a dos manos + 01 pulsador de reset
- Grado de protección IP50
- Cómodo manejo utilizando pulsadores
- Peso liviano
- El cable helicoidal le otorga radio de acción amplio
- Presenta un soporte para proteger el dispositivo
- Compatible con el dispositivo de seguridad PNOZ s6

Datos técnicos del Transmisor de mando manual PIT js2 bc:

- Número de contactos NC: 2
- Número de contactos NA: 2
- Voltaje de alimentación (V): 24,0
- Tipo de voltaje de alimentación: AC/DC
- Tensión con DC1: 24 V
- Grado de protección, carcasa: IP65
- Dimensiones: 75.0 mm de ancho x 341.0 mm de alto x 60.0 mm de profundidad
- Peso bruto: 923 g
- Peso neto: 823 g
- Temperatura de trabajo: -10 - 55 °C



Figura. Transmisor de mando manual PIT js2 bc, de la marca PILZ

Dispositivo de mando a dos manos PNOZ s6

Se utiliza para control de prensas y circuitos de seguridad, cumple los estándares EN 574 Tipo III C EN 574 TYP III C, EN 60204-1, EN 62061, EN ISO 13849-1, VDE 0113-1. Fuerza al operario a mantener las manos lejos de la zona de peligro durante un movimiento peligroso.

Características

- Salidas de relé: 03 contactos NA de seguridad + 01 contacto NC auxiliar ambos sin retardo
- Una salida por semiconductor
- Permite conectar dos pulsadores
- Un bloque de ampliación de contactos PNOZsigma enchufable
- Leds indicadores de: voltaje de alimentación, estado de las entradas (canal 1 y 2), circuito de realimentación, estado de conmutación de los contactos de seguridad, fallas.
- Bornes enchufables de conexión (de muelle o de tornillo)



Figura. Dispositivo de mando a dos manos PNOZ s6 24VDC 3 n/o 1 n/c, de la marca PILZ

Serán necesario dos Transmisor de mando manual PIT js2 bc, conectados en serie hacia un dispositivo de mando a dos manos PNOZ s6.

d) Relé principal

Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad, llegarán a un solo relé de seguridad principal, el cual será el responsable de la activación o desactivación de los variadores de velocidad que hacen funcionar los motores de la máquina llenadora.



Figura. PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c - Relé de seguridad PILZ

Características

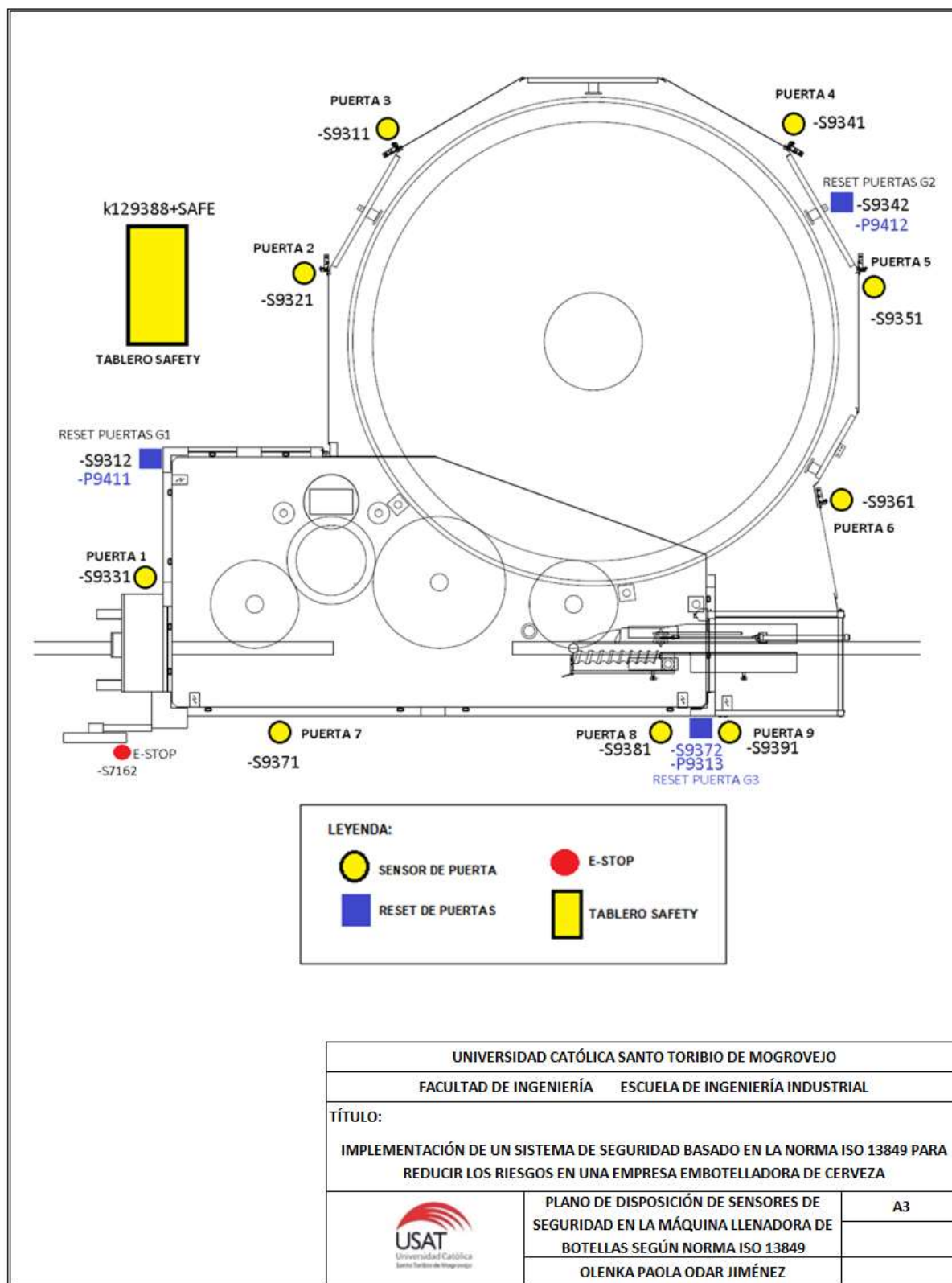
- Voltaje de alimentación: 24VDC
- Cumple los requisitos conforme a EN ISO 13849-1: PL “e” (Cat. 4)
- Salidas de relé: 08 contactos NA de seguridad + 01 contacto NC auxiliar ambos sin retardo

- Leds indicadores de: estado de las entradas (canal 1 y 2, falla,), estado de conmutación de los contactos de seguridad.
- Bornes enchufables de conexión (de resorte o de tornillo)

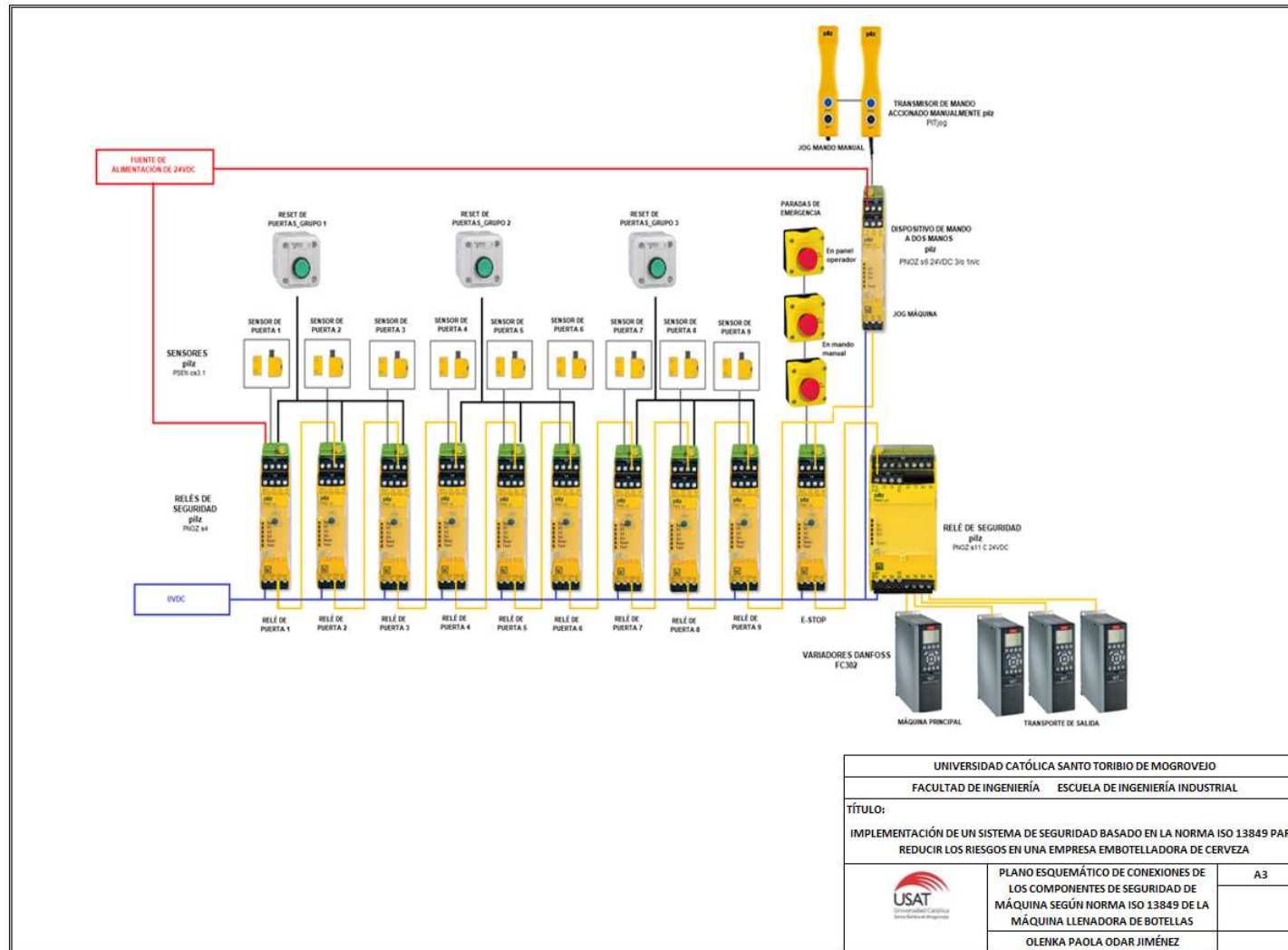
Será necesario un Relé de seguridad PNOZ s11, que será responsable del accionamiento de los variadores de frecuencia.

A continuación, se muestra:

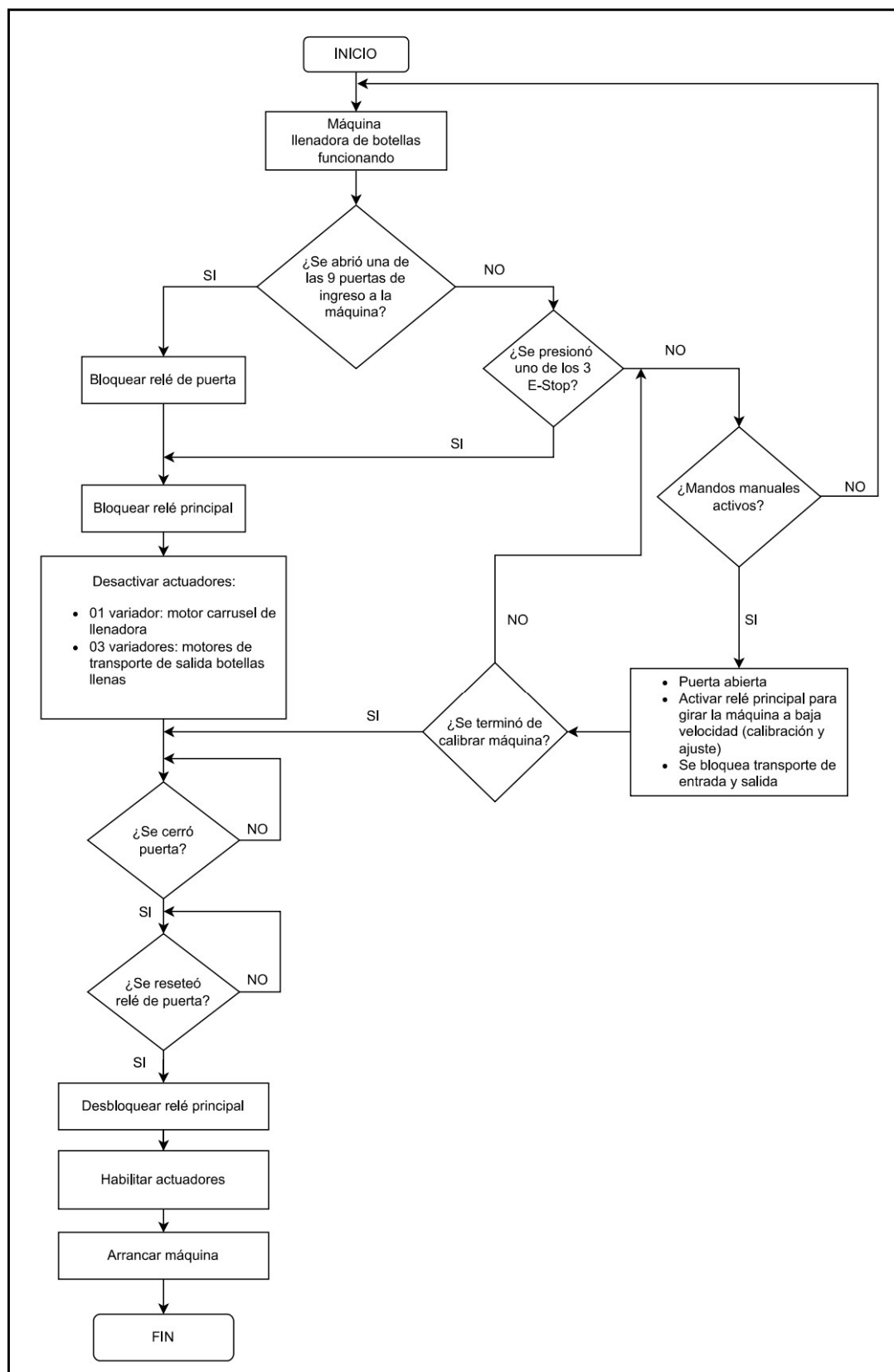
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

2. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina Paletizadora de cajas

La paletizadora es una máquina tipo robot cartesiano, tiene un eje de elevación y un eje de traslación; se encarga de recibir todas las cajas y acomodarlas en filas. A continuación, el plano de la máquina paletizadora de cajas.

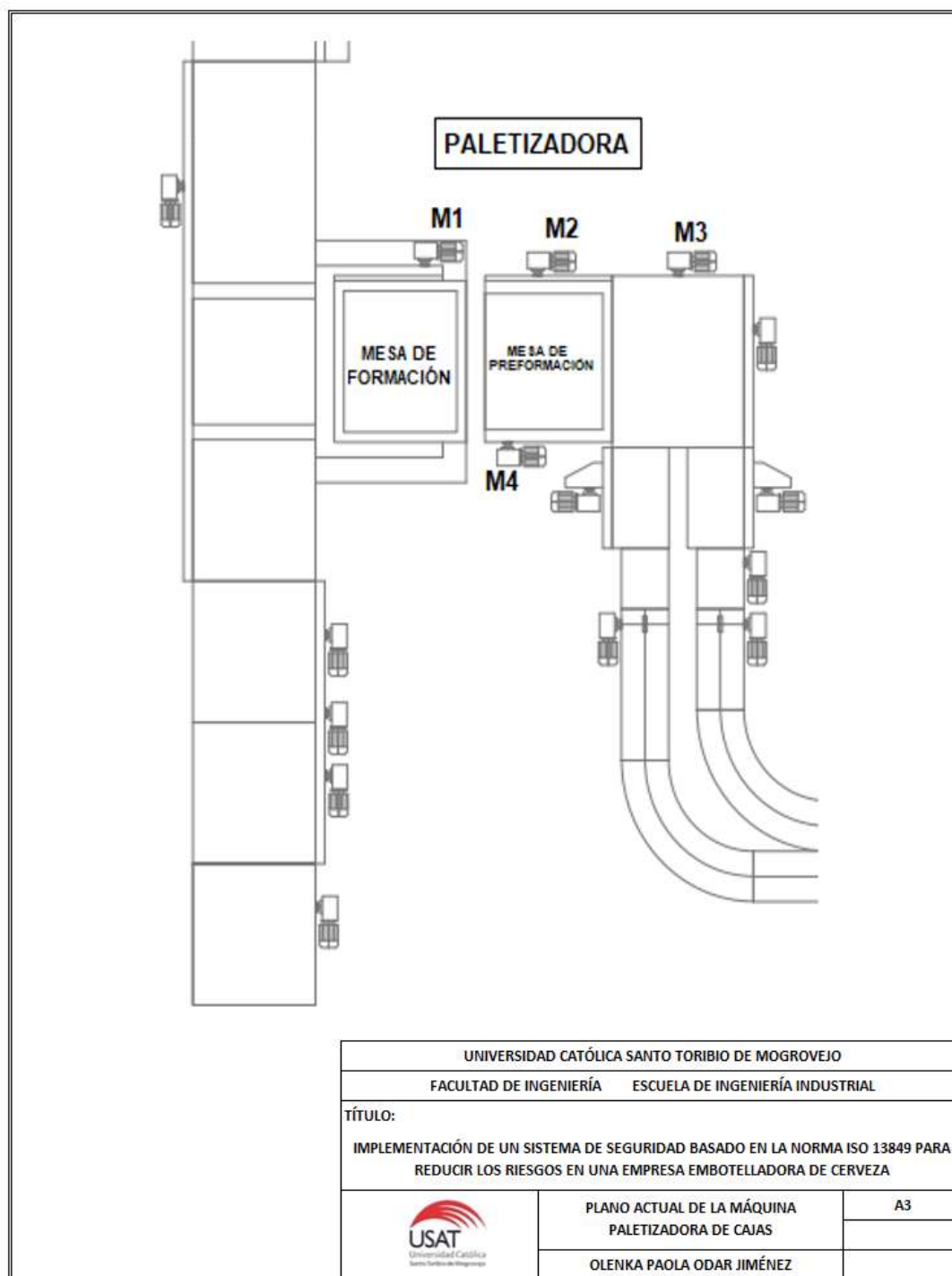


Figura. Plano actual de la máquina Paletizadora de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

2.1 Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de acceso a la máquina:

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios; por ello se recomienda implementar un cerramiento perimetral de la máquina que cuente con cuatro puertas de acceso, cada una con su respectivo sensor para detectar cuando ésta sea abierta; cuando una puerta sea abierta el sensor enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo. Si cualquier relé se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para reanunciar la máquina. Se ha considerado cuatro botones de reset (uno por cada puerta).

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-Stop:

Existe solo una parada de emergencia que deberá conectarse directamente a un relé de seguridad.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto a las puertas de acceso a la máquina

Los sensores elegidos para colocar en cada una de las cuatro puertas de acceso que deberá presentar el cerramiento recomendado; son interruptores de seguridad con actuador separado de la marca SCHMERSAL; los mismos que pueden ser conectados a los relés PNOZ s4, para lograr el nivel de prestaciones requerido.

Cada interruptor deberá conectarse a su respectivo relé de seguridad.

Se detalla a continuación sus principales características:

Interruptor de seguridad AZ 16-12ZVRK-M20 con actuador separado marca SCHMERSAL

Los interruptores de seguridad con actuadores separados se utilizan ampliamente en toda la producción. Diseñados para tales dispositivos de protección que se pueden quitar o desplazar lateralmente y girar y solo garantizan la seguridad necesaria en el lugar de trabajo cuando están cerrados. Se emplean en casi todos los tipos de máquinas-herramienta, requieren un acceso frecuente al área de peligro con la finalidad de operar la máquina. En combinación con un relé de seguridad correspondiente, también se puede alcanzar el nivel de prestación conforme a EN ISO 13849-1.

Modo de funcionamiento:

Los interruptores de seguridad no están conectados estructuralmente entre sí, sino que están separados o fusionados funcionalmente solo cuando se conmutan. Si el operador abre el resguardo de seguridad, el actuador se separa del interruptor. Como resultado, los contactos normalmente cerrados se abren inevitablemente y los contactos normalmente abiertos se cierran en el interruptor de seguridad.

Características

- Modelo: AZ 16-12ZVRK-M20
- Contactos o salidas: 1 NA / 2 NC
- Fuerza de retención: 30 N
- En unión con un relé de seguridad, puede alcanzar el nivel de prestación conforme a EN ISO 13849-1.
- Actuador recto
- Caja de termoplástico
- Aislamiento doble
- Zona de conexión amplia
- Contactos confiables con voltajes y corrientes débiles

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de ingreso, serán necesarios cuatro interruptores de seguridad modelo AZ 16-12ZVRK-M20 marca SCHMERSAL y cuatro relés de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

b) Con respecto a los E-Stop

Para el diseño de seguridad, con respecto al único E-Stop que presenta esta máquina, será necesario un relé de seguridad PNOZ s4.

c) Relé principal

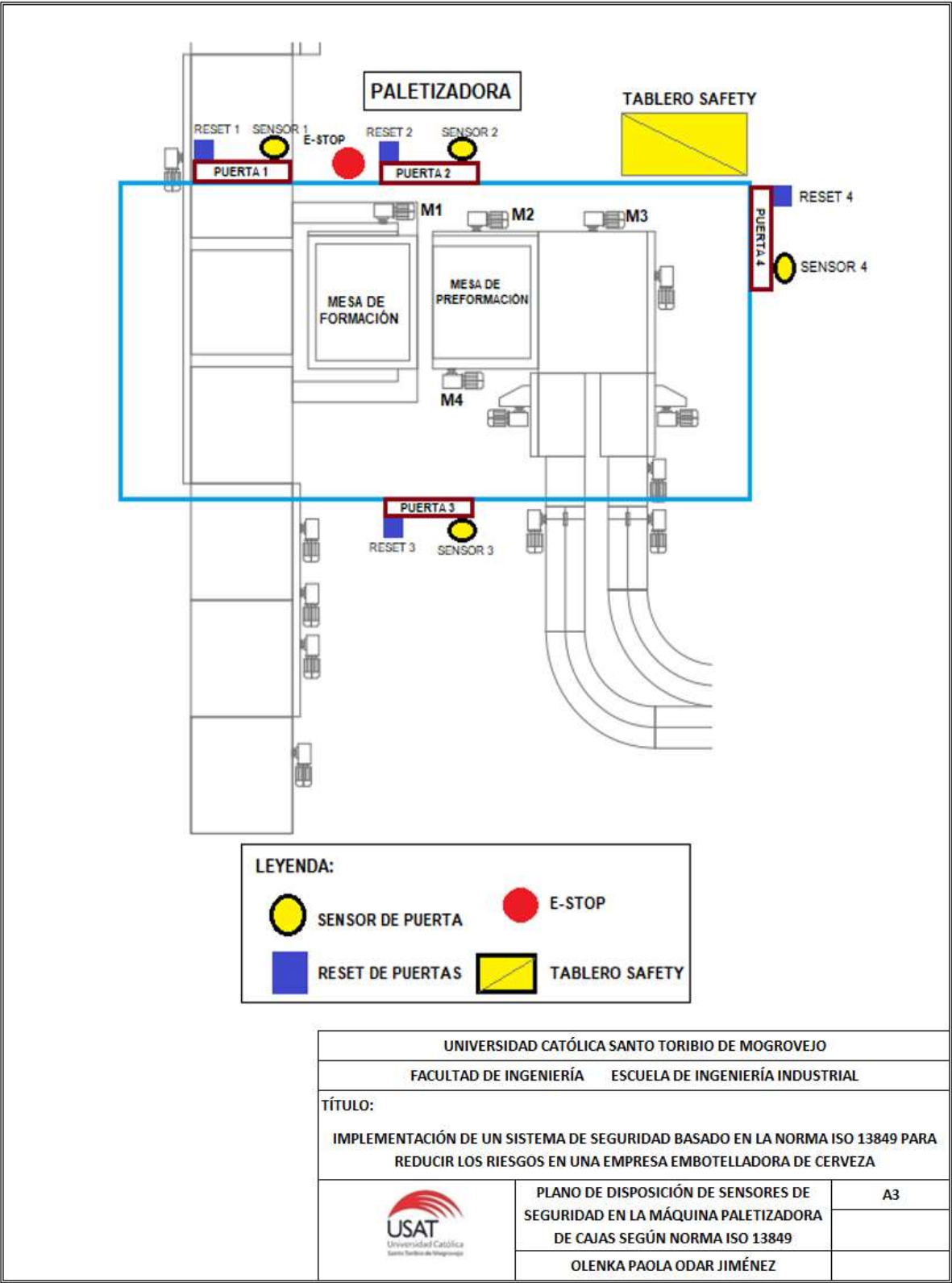
Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad, llegarán a un solo relé de seguridad principal, el cual será el responsable de la activación o desactivación de los variadores de velocidad que hacen funcionar los motores de la paletizadora de cajas, las características del dispositivo se han descrito anteriormente.

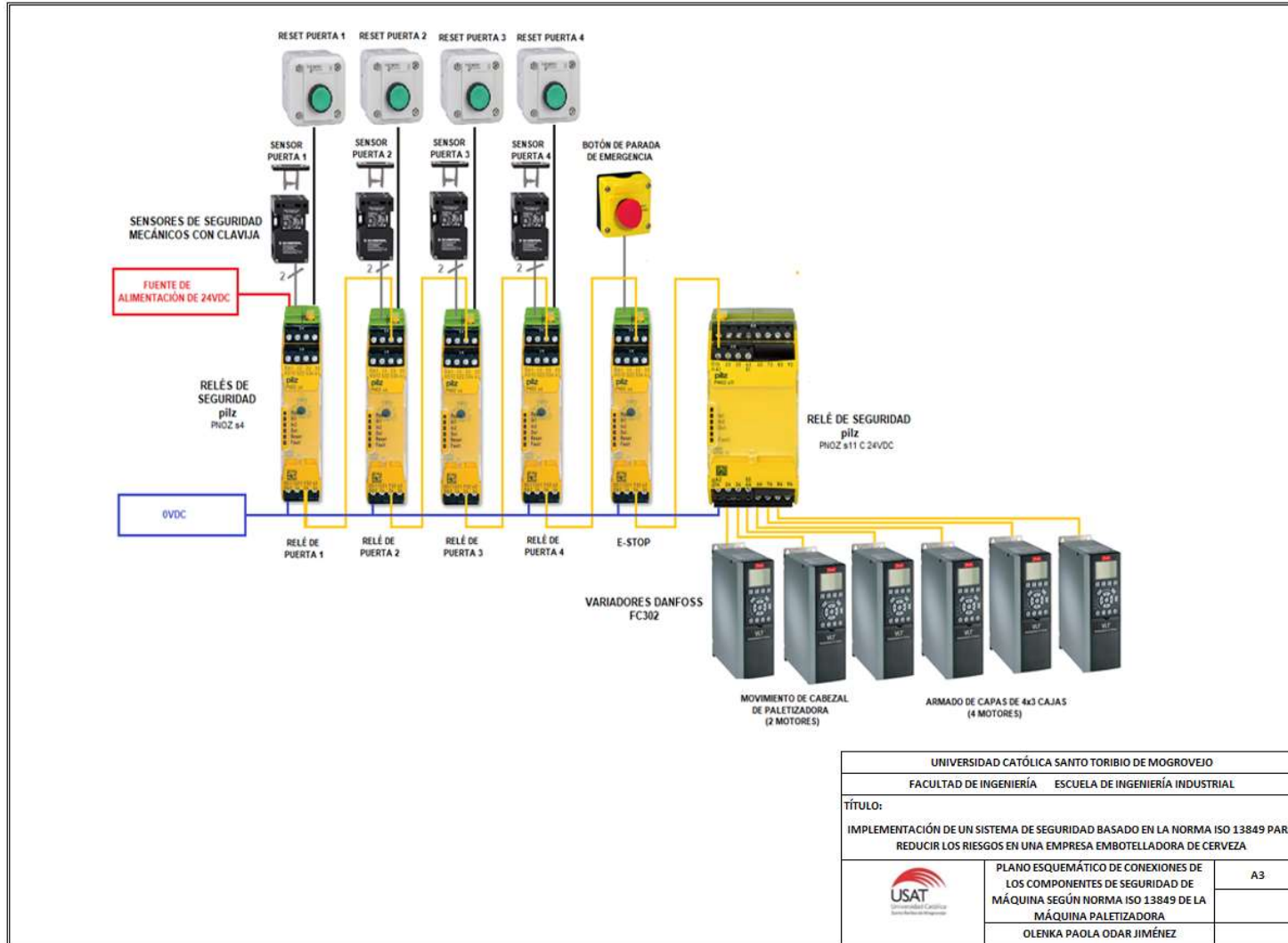
Será necesario un Relé de seguridad PNOZ s11, que será responsable del accionamiento de los variadores de frecuencia.

A continuación, se muestra:

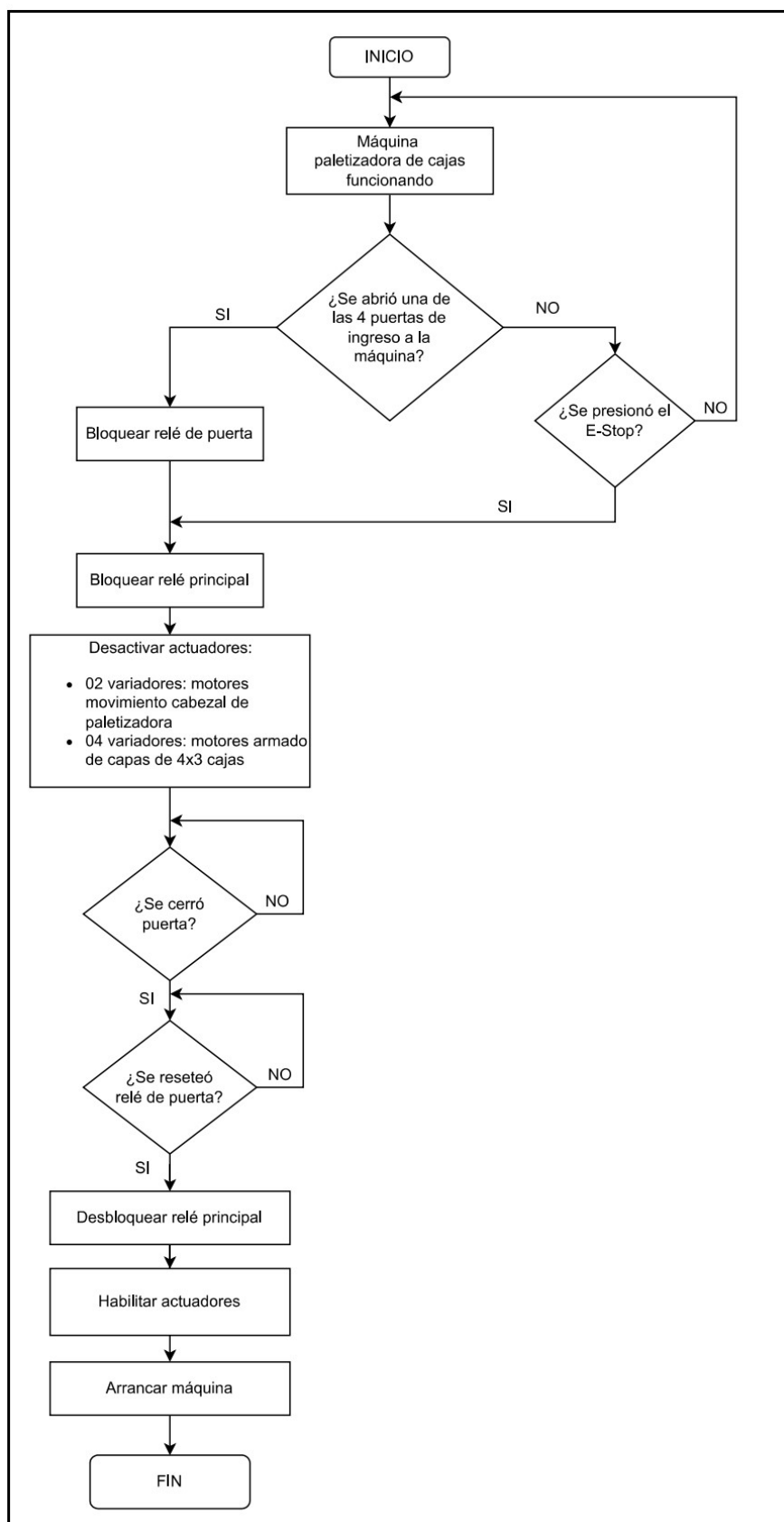
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración: propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

3. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina Depaletizadora de cajas

La depaletizadora es una máquina tipo robot cartesiano, tiene un eje de elevación y un eje de traslación; máquina se encarga de retirar las cajas de las parihuelas.

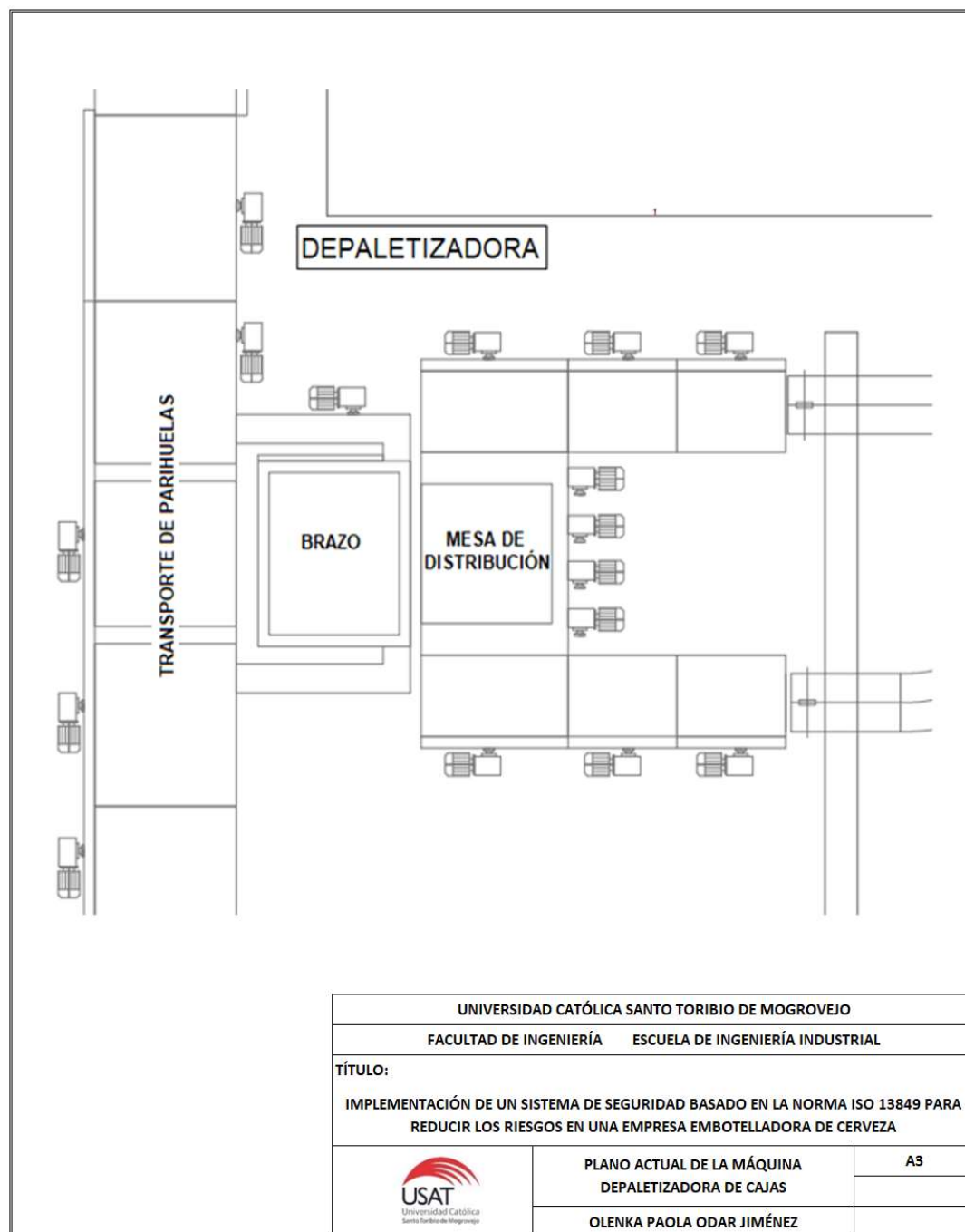


Figura. Plano actual de la máquina Depaletizadora de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se propone lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de acceso a la máquina

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios; por ello se recomienda implementar un cerramiento perimetral de la máquina que cuente con dos puertas de acceso, cada una con su respectivo sensor para detectar cuando ésta sea abierta; cuando una puerta sea abierta el sensor enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo. Si cualquier relé se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para reanunciar la máquina. Se ha considerado dos botones de reset (uno por cada puerta).

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-Stop

Existe solo una parada de emergencia que deberá conectarse directamente a un relé de seguridad.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto a las puertas de acceso a la máquina

Los sensores elegidos para colocar en cada una de las dos puertas de acceso que deberá presentar el cerramiento recomendado; son interruptores de seguridad con actuador separado de la marca SCHMERSAL; los mismos que serán conectados a los relés de seguridad para lograr el nivel de prestaciones requerido. Cada interruptor deberá conectarse a su respectivo relé de seguridad.

Las características de ambos dispositivos se han descrito anteriormente.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de acceso, serán necesarios dos interruptores de seguridad modelo AZ 16-12ZVRK-M20 marca SCHMERSAL y dos relés de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

b) Con respecto a los E-Stop

Para el diseño de seguridad, con respecto a al único E-stop que presenta esta máquina, será necesario un relé de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

c) Relé principal

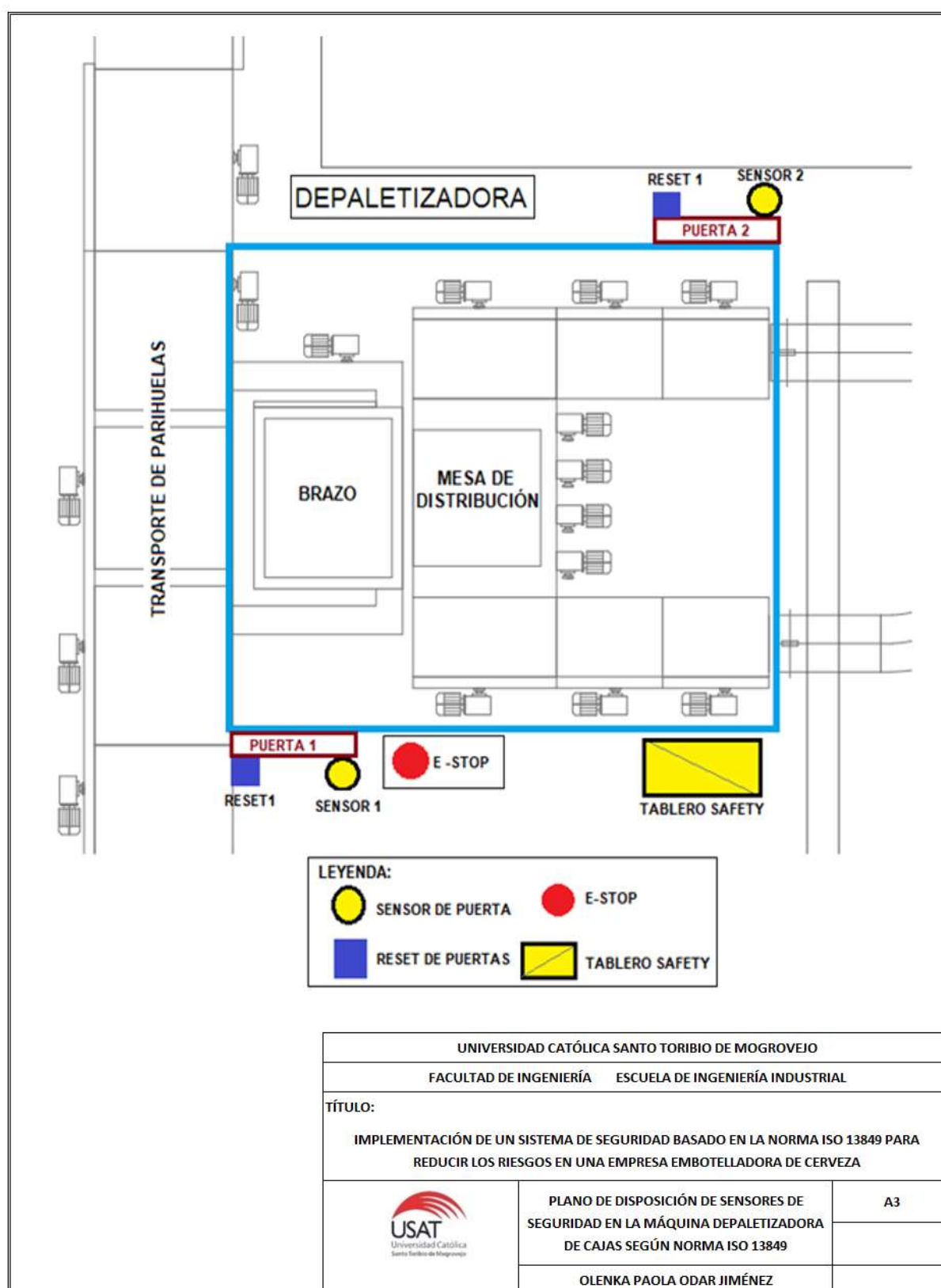
Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad llegarán a un solo relé de seguridad principal, el cual será el responsable de la activación o desactivación de los variadores de frecuencia que controlan los motores de la depaletizadora de cajas, las características del dispositivo se han descrito anteriormente.

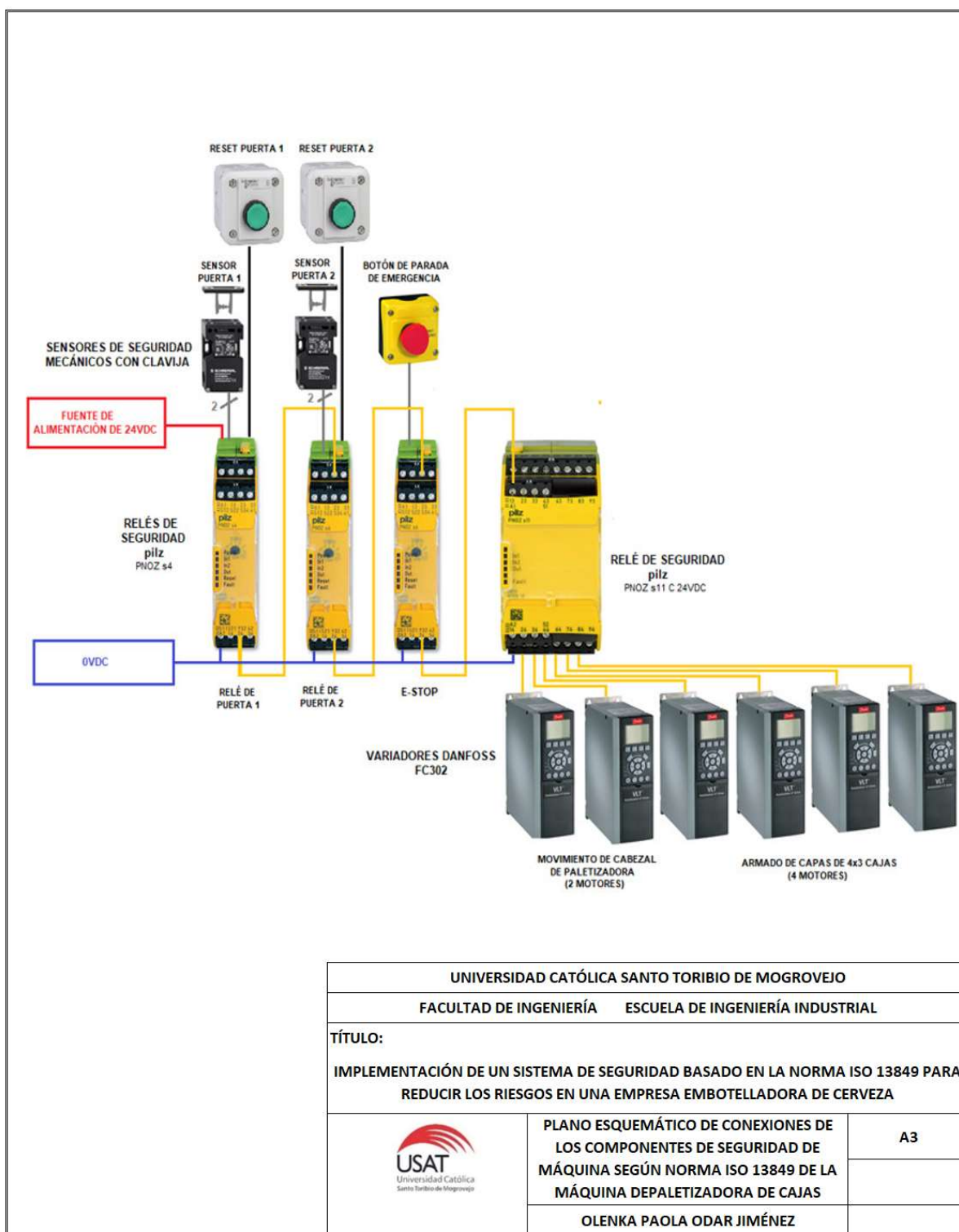
Será necesario un Relé de seguridad PNOZ s11, que será responsable del accionamiento de los variadores de velocidad

A continuación, se muestra:

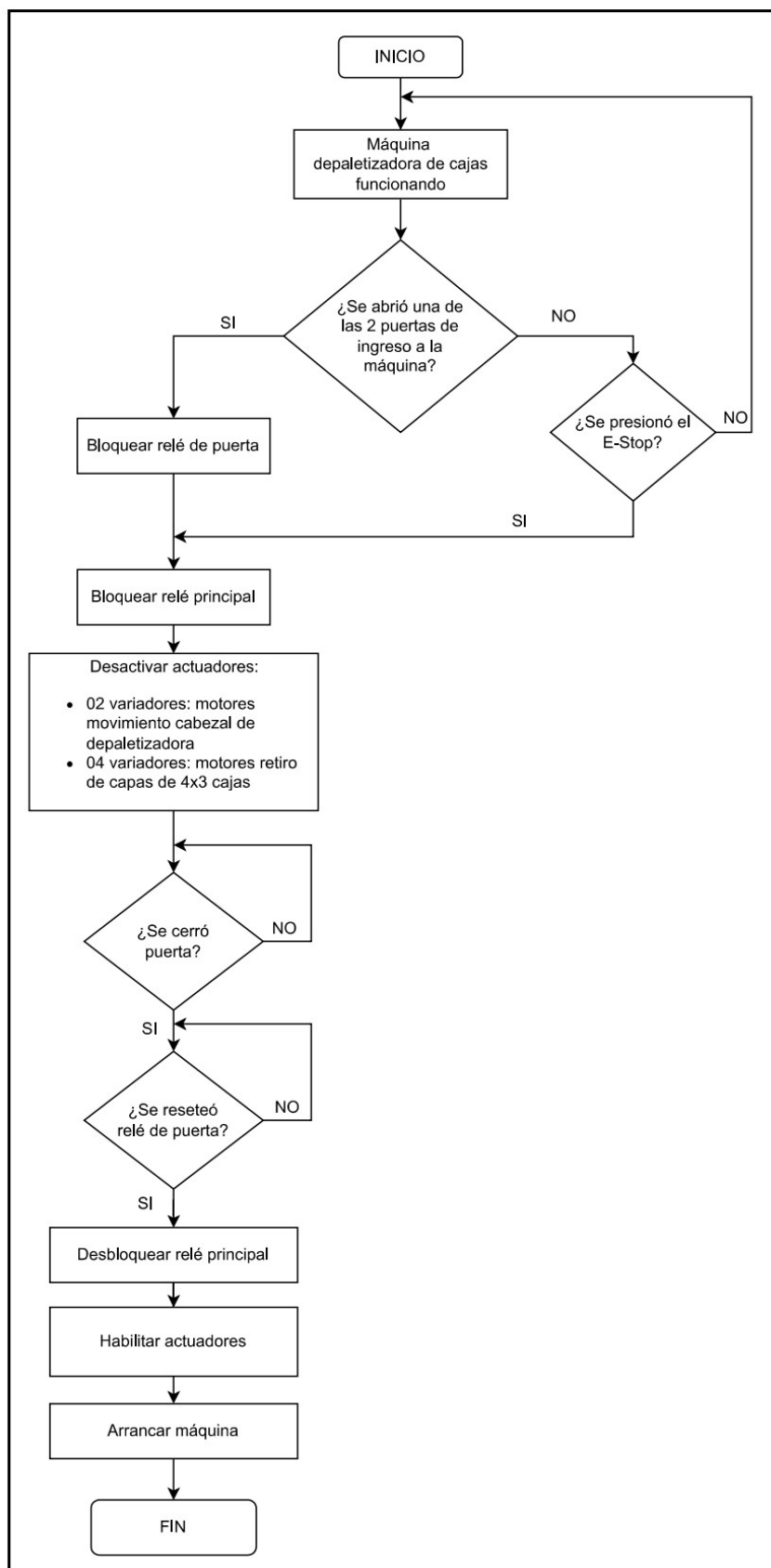
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

4. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina Encajonadora de botellas

La encajonadora es una máquina tipo robot cartesiano, por ser cartesiana cuenta con un cabezal móvil con eje de traslación y elevación su función es coger las botellas llenas que vienen del transporte de botellas y colocarlas en las cajas vacías que se encuentran en el transporte de cajas.

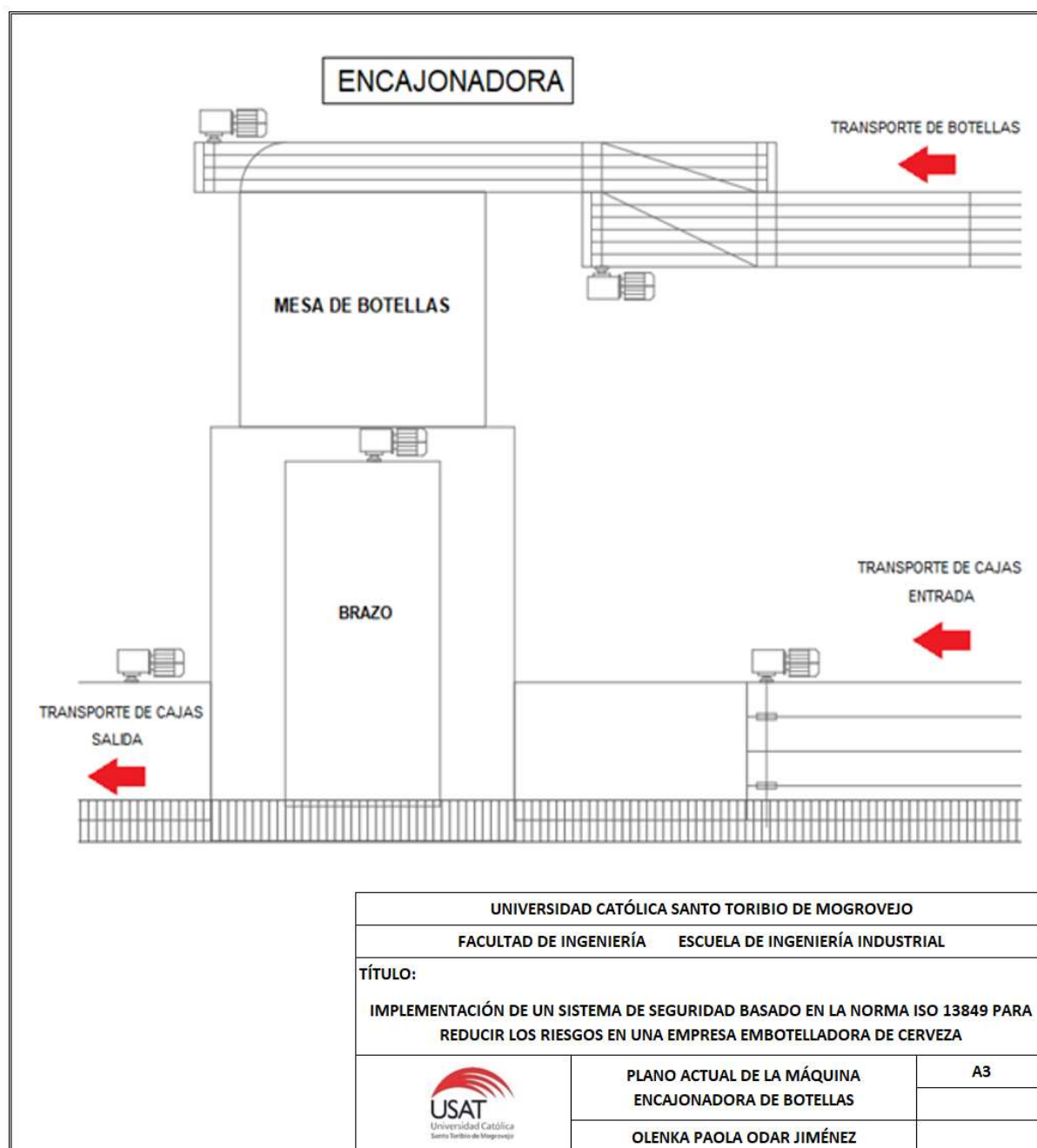


Figura. Plano actual de la máquina Encajonadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se propone lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de ingreso a máquina

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios; por ello se recomienda implementar un cerramiento perimetral de la máquina que cuente con tres puertas de acceso tipo corredizas de dos hojas (ambas móviles).

Cada puerta contará con dos sensores (uno para cada hoja móvil) para detectar cuando la puerta corrediza sea abierta.

Cuando una puerta sea abierta, por cualquiera de sus lados, el sensor correspondiente enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo. Cabe indicar que estos dos sensores por puerta se conectarán en serie y una única señal será enviada al relé de seguridad.

Si cualquier relé se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para rearrancar la máquina. Se ha considerado tres botones de reset (uno por cada puerta corrediza).

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-stop

Existe solo una parada de emergencia que deberá conectarse directamente a un relé de seguridad.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto a las puertas de ingreso a la máquina

Los sensores elegidos para colocar en cada una de las tres puertas de acceso tipo corredizas de dos hojas, que deberá presentar el cerramiento recomendado; son

interruptores de seguridad con actuador separado de la marca SCHMERSAL; los mismos que serán conectados a los relés de seguridad para lograr el nivel de prestaciones requerido. Cada interruptor deberá conectarse a su respectivo relé de seguridad.

Las características de ambos dispositivos se han descrito anteriormente.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de ingreso, serán necesarios seis interruptores de seguridad modelo AZ 16-12ZVRK-M20 marca SCHMERSAL (dos por cada puerta corrediza) y tres relés de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

b) Con respecto a los E-Stop

Para el diseño de seguridad, con respecto al único E-Stop que presenta esta máquina, será necesario un relé de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

c) Relé principal

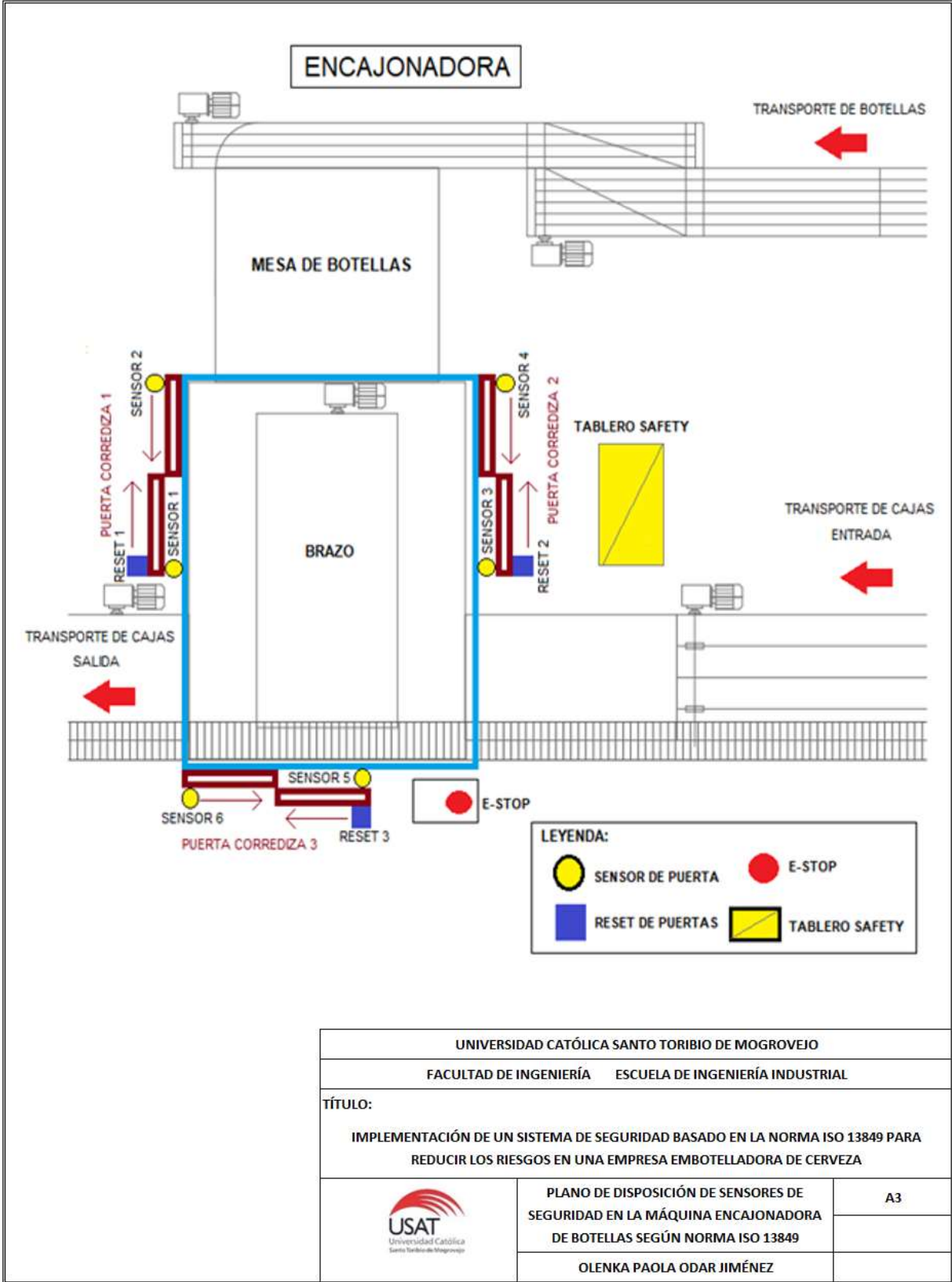
Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad llegarán a un solo relé de seguridad principal, el cual será el responsable de la activación o desactivación de los variadores de velocidad que gobiernan los motores de la encajonadora de botellas, las características del dispositivo se han descrito anteriormente.

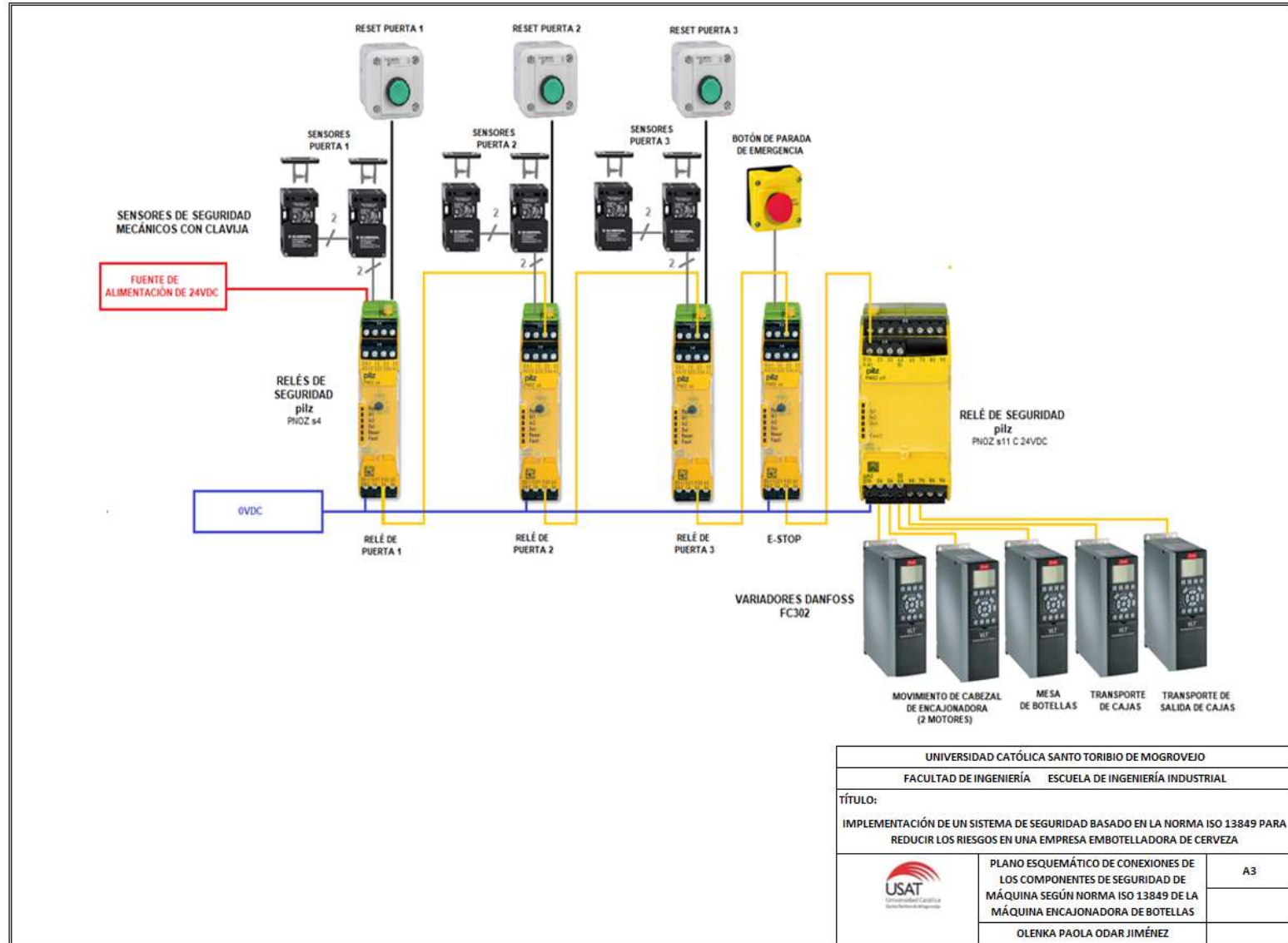
Será necesario un Relé de seguridad PNOZ s11, que será responsable del accionamiento de los variadores de frecuencia.

A continuación, se muestra:

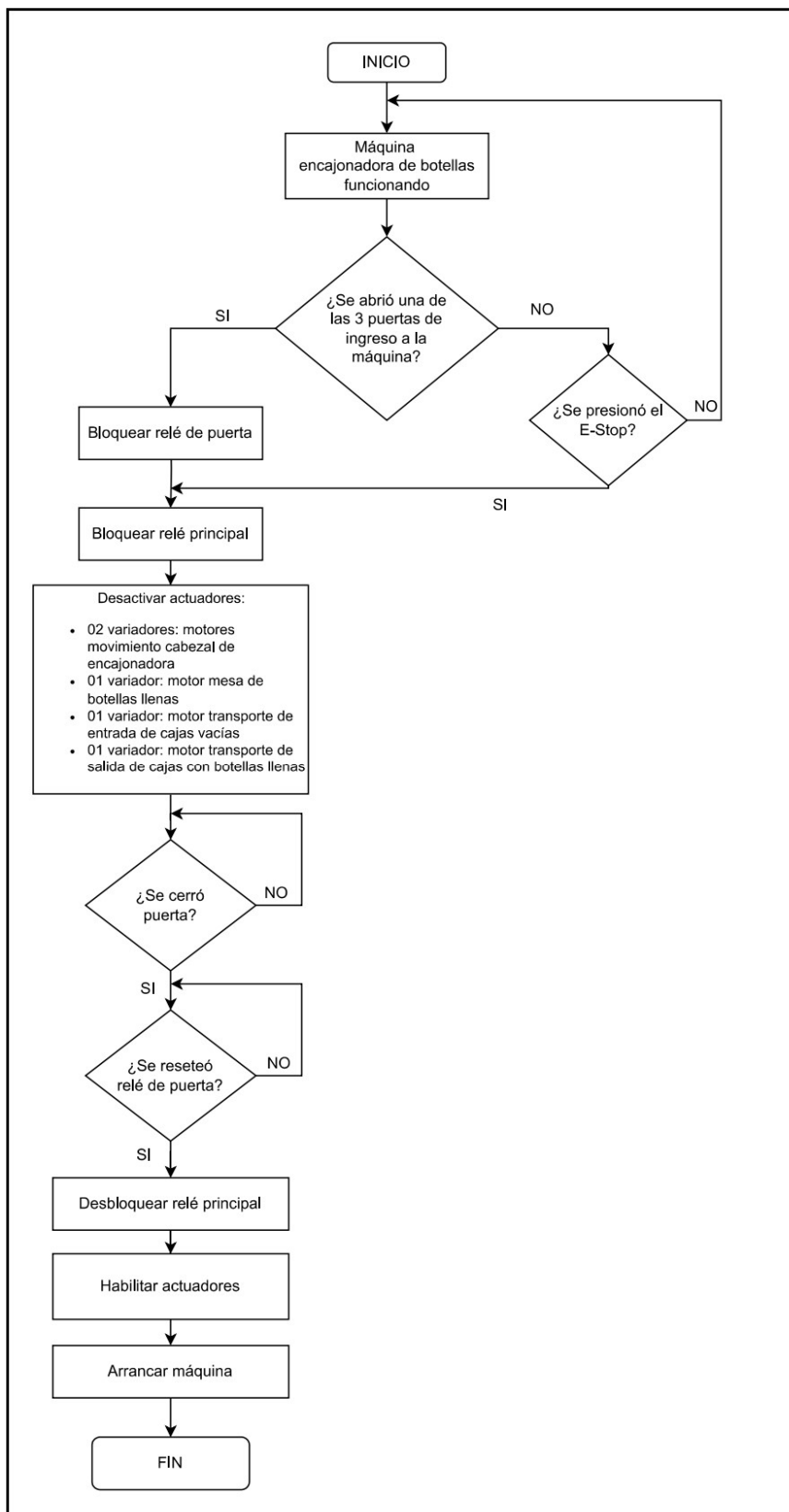
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración: propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

5. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina Desencajonadora de botellas

La desencajonadora es una máquina tipo robot cartesiano, cuenta con un cabezal movable con eje de traslación y elevación el cual se utiliza para cogerlas botellas y llevarlas de un punto a otro. Su función principal es de sacar las botellas vacías de las cajas y colocarlas en el transporte de botellas para ser llevadas a la lavadora de botellas.

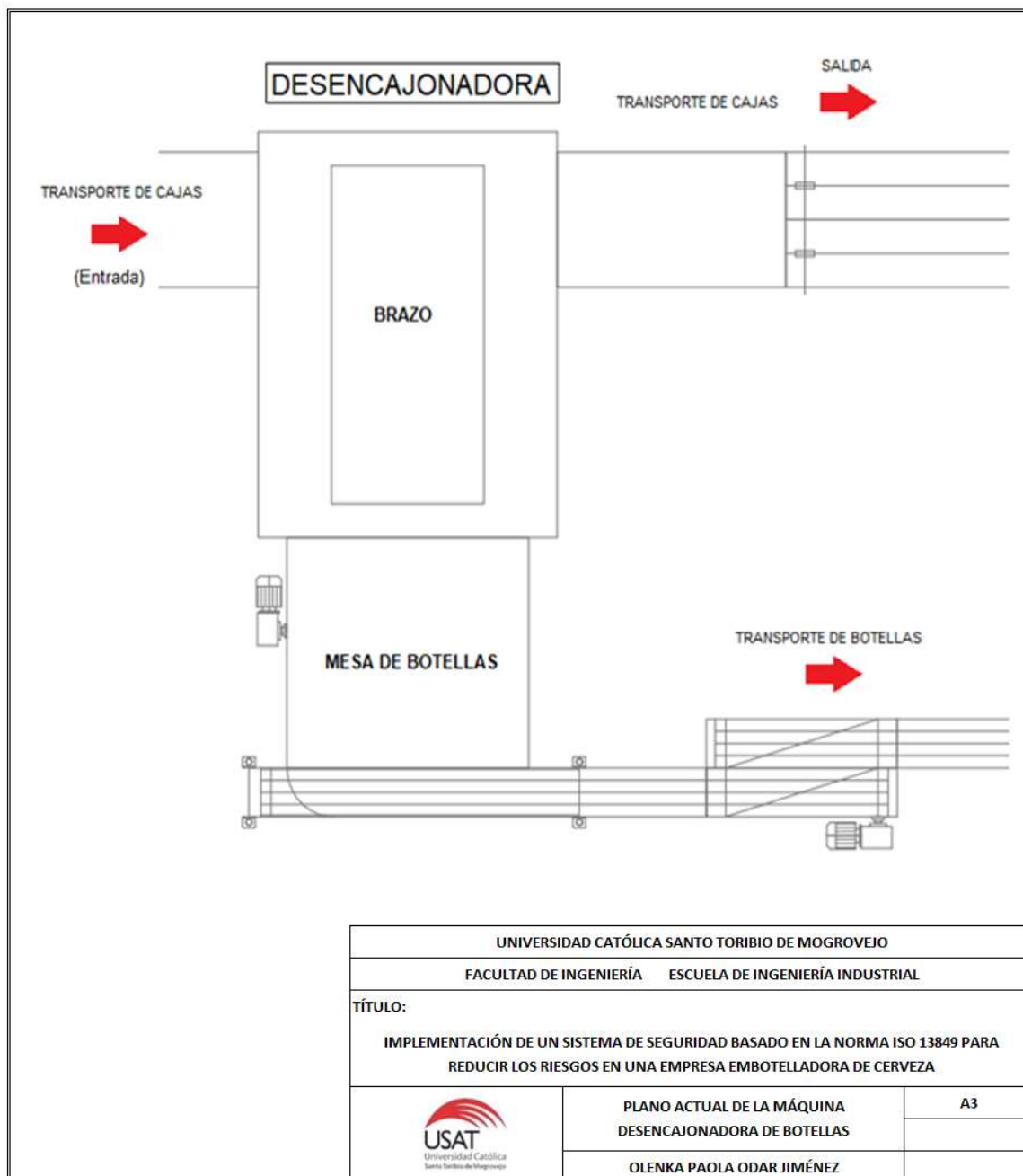


Figura. Plano actual de la máquina Desencajonadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se propone lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de acceso a máquina

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios; por ello se recomienda implementar un cerramiento perimetral de la máquina que cuente con dos puertas de acceso tipo corredizas de dos hojas (ambas móviles).

Cada puerta contará con dos sensores (uno para cada hoja móvil) para detectar cuando la puerta corrediza sea abierta.

Cuando una puerta sea abierta, por cualquiera de sus lados, el sensor correspondiente enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo.

Cabe indicar que estos dos sensores por puerta se conectarán en serie y una única señal será enviada al relé de seguridad.

Si cualquier relé se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para reanunciar la máquina. Se ha considerado tres botones de reset (uno por cada puerta corrediza).

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-Stop

Existe solo una parada de emergencia que deberá conectarse directamente a un relé de seguridad.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto a las puertas de ingreso a la máquina

Los sensores elegidos para colocar en cada una de las tres puertas de acceso tipo corredizas de dos hojas, que deberá presentar el cerramiento recomendado; son interruptores de seguridad con actuador separado de la marca SCHMERSAL;

los mismos que serán conectados a los relés de seguridad para lograr el nivel de prestaciones requerido. Cada interruptor deberá conectarse a su respectivo relé de seguridad.

Las características de ambos dispositivos se han descrito anteriormente.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de ingreso, serán necesarios cuatro interruptores de seguridad modelo AZ 16-12ZVRK-M20 marca SCHMERSAL (dos por cada puerta corrediza) y dos relés de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

b) Con respecto a los E-Stop

Para el diseño de seguridad, con respecto al único E-Stop que presenta esta máquina, será necesario un relé de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

c) Relé principal

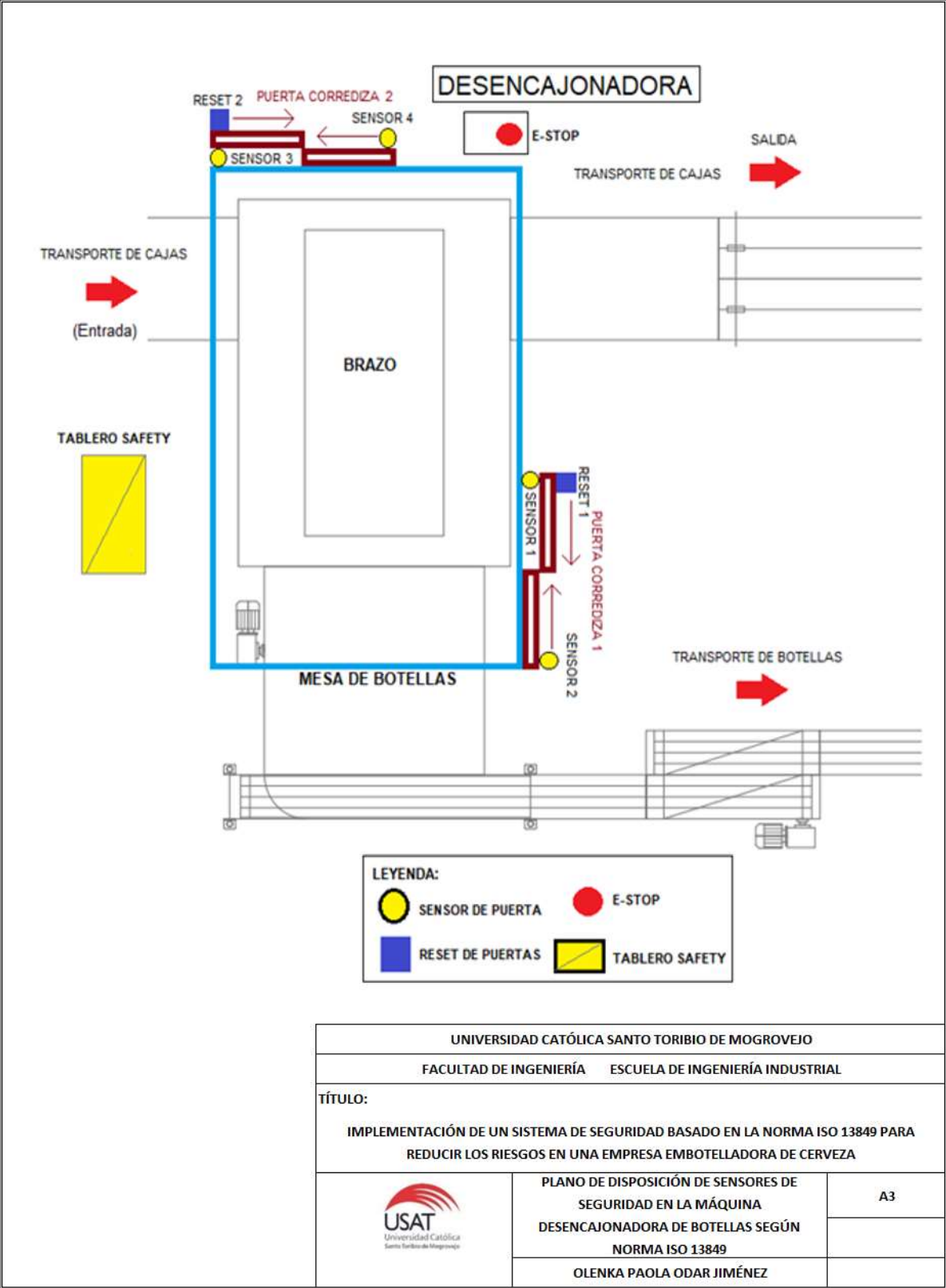
Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad llegarán a un solo relé de seguridad principal, el cual será el responsable de la activación o desactivación de los variadores de velocidad que ponen en funcionamiento a los motores de la desenchonadora de botellas, las características del dispositivo se han descrito anteriormente.

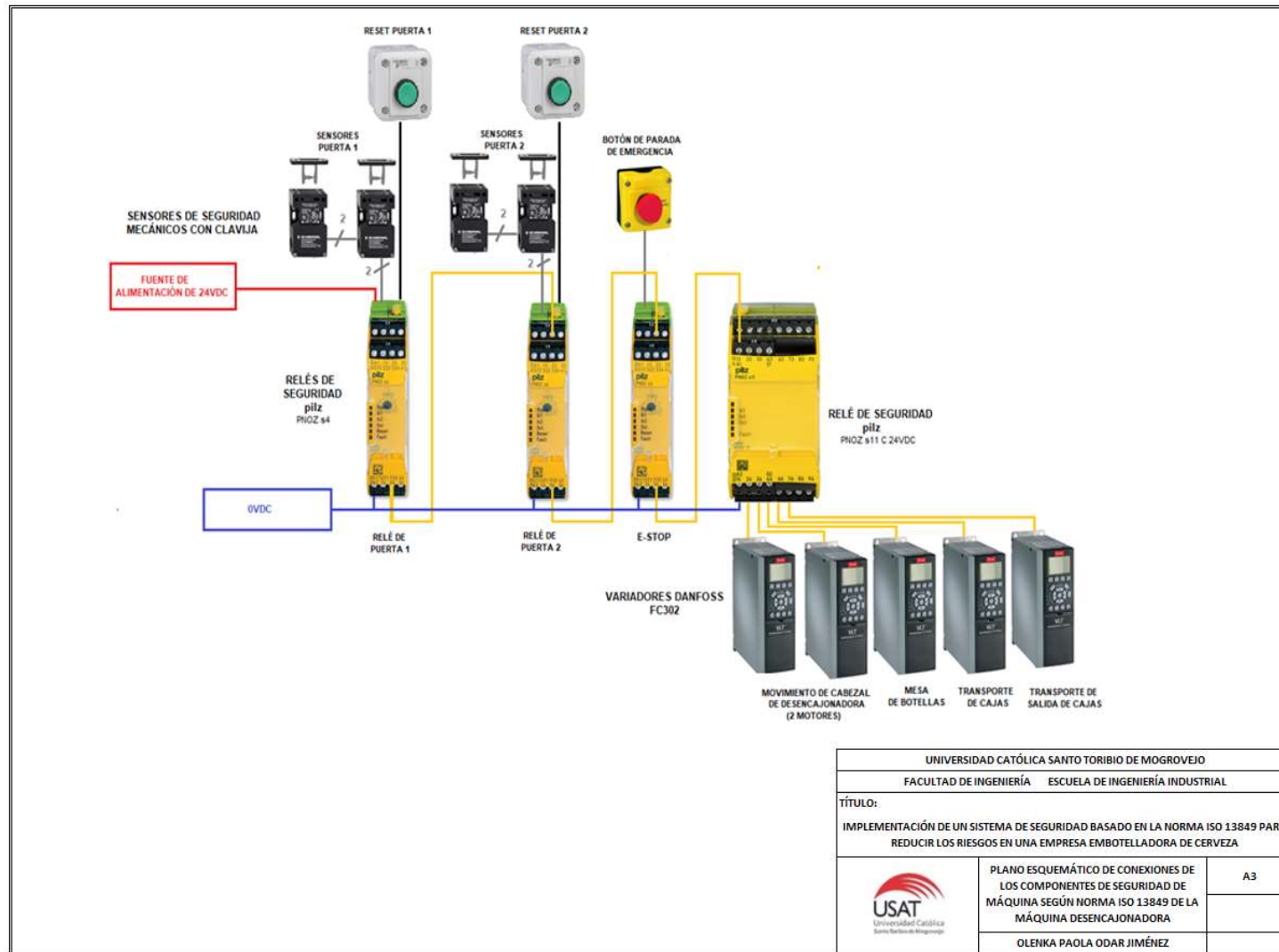
Será necesario un Relé de seguridad PNOZ s11, que será responsable del accionamiento de los variadores de frecuencia.

A continuación, se muestra:

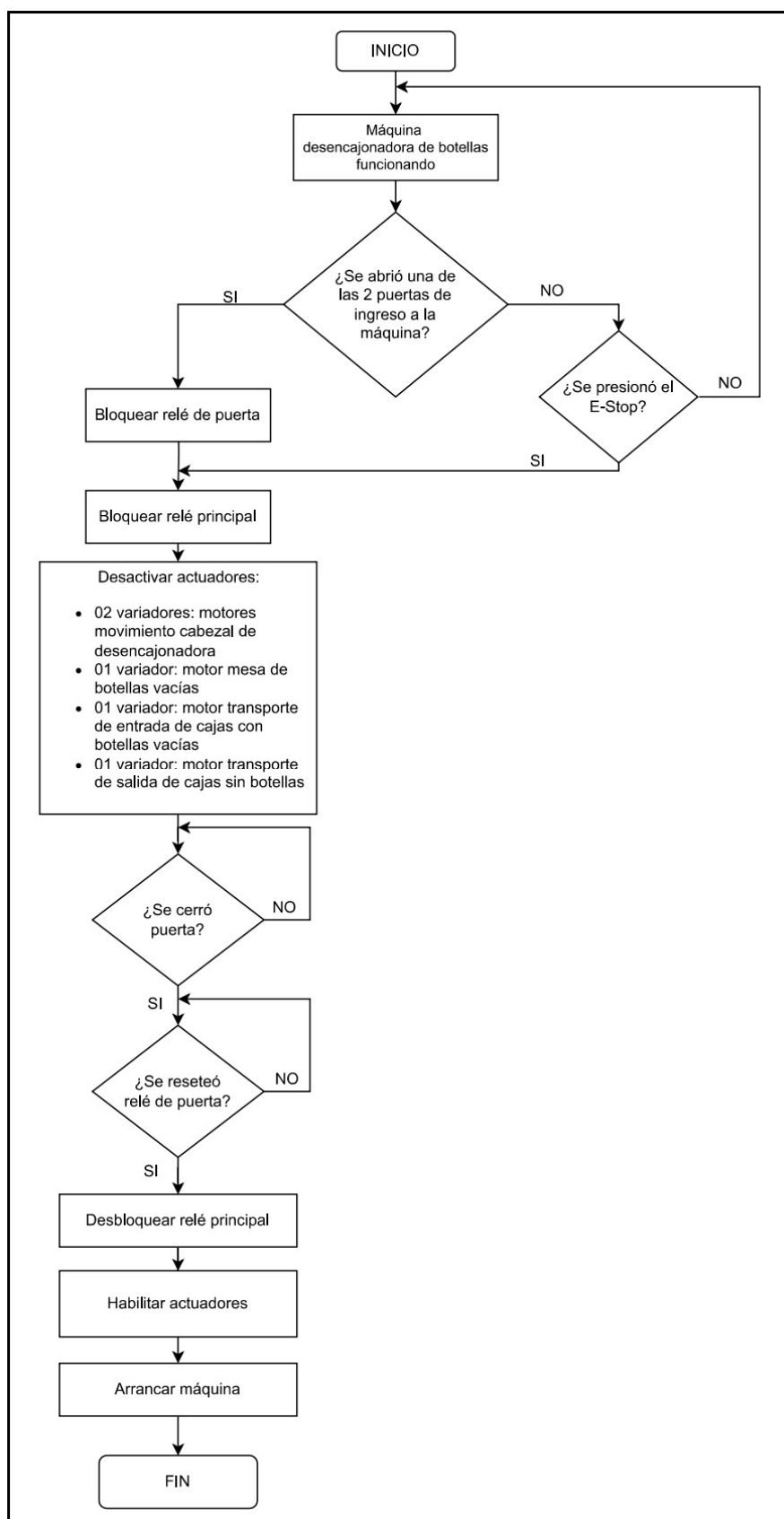
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

6. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina - Lavadora de botellas

La máquina Lavadora de botellas recibe todas las botellas que provienen, a través del transporte de botellas, de la desencajonadora, para su lavado.

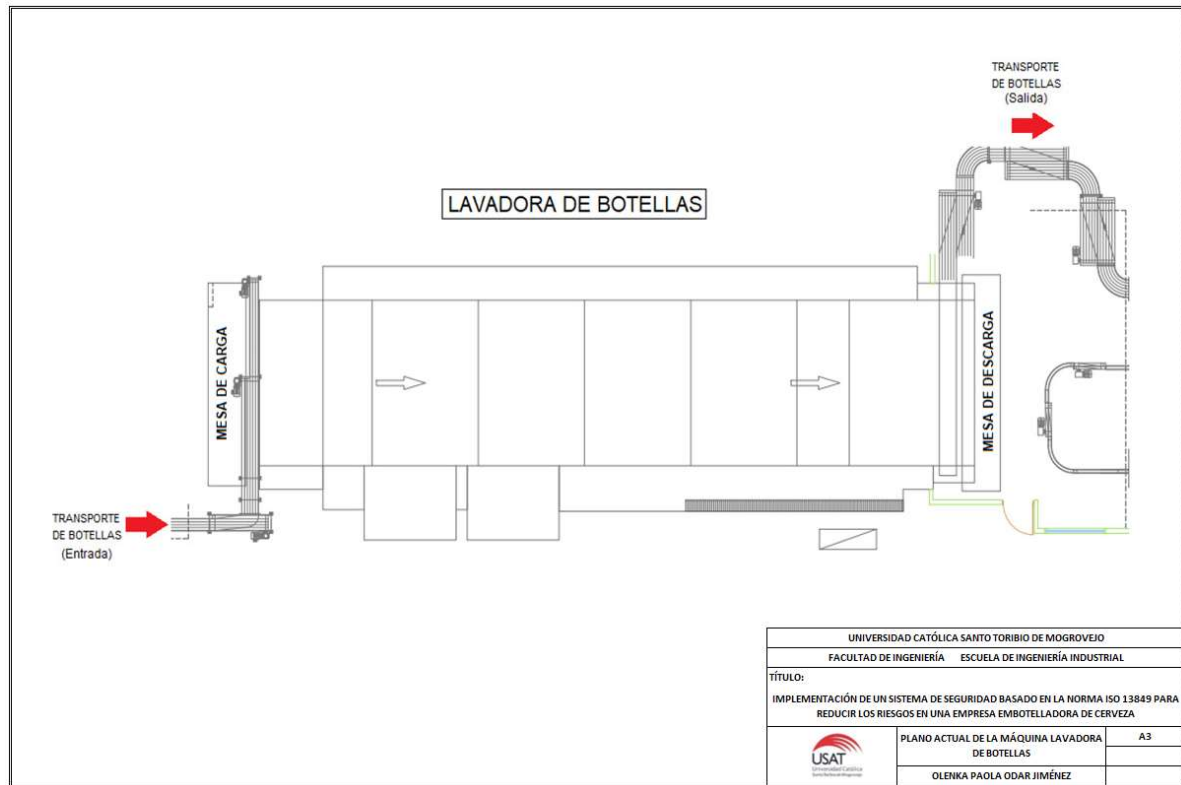


Figura. Plano actual de la máquina Lavadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se propone lo siguiente:

a) Con respecto al acceso a la máquina por las mesas de carga y descarga de botellas:

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte la presencia del operario ya sea por la mesa de carga o por la mesa de descarga de botellas que presenta la máquina; para ello se colocarán a los extremos de cada mesa cortinas de seguridad para detectar la presencia el operario; cuando se active alguna de las cortinas de seguridad enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo. Si cualquier relé

se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para reanunciar la máquina. Se ha considerado tres botones de reset (uno por cada cortina y uno en el panel operador).

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-Stop:

Existen cuatro paradas de emergencia uno en el panel operador y uno en la mesa de carga, uno en la mesa de descarga y uno ubicado en el centro de la lavadora de botellas; las tres paradas de emergencia se conectan directamente a su respectivo relé de seguridad. El relé utilizado será de las mismas características del usado con las cortinas de seguridad.

Las señales de todos de los relés de seguridad van directamente a dos relés de seguridad principales de los que dependen la activación o desactivación de los variadores de frecuencia de los cuales depende el funcionamiento de la máquina lavadora de botellas.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto al acceso a la máquina por las mesas de carga y descarga de botellas:

Para que el acceso a las mesas de carga y descarga de botellas sea seguro se ha considerado utilizar cortinas de seguridad con sus respectivos relés de seguridad. A continuación, se detallan los dispositivos a usarse:

Cortina o barreras de seguridad fotoeléctrica tipo 4 (PSEN op4) para proteger cuerpo, manos y dedos

Las barreras de seguridad fotoeléctricas se utilizan en ámbitos industriales que requieren un sistema de seguridad sin barreras físicas, es decir, en operaciones de introducción o alimentación y extracción de material.

Características del dispositivo

- Barrera fotoeléctrica de seguridad tipo 4 – PL e
- Principio del sensor: óptico
- Campo de protección: 1200mm de altura
- Brinda protección a cuerpo completo
- Voltaje de alimentación: 24VDC
- Número de salidas: 2
- Emisor: 4 polos y 5 polos
- Receptor: 5polos y 8 polos
- Función muting para diferenciar personas de materiales
- Campo de protección por infrarrojo
- Emisor y receptor sincronizados por medio óptico
- Leds indicadores de funcionamiento y auxiliares para el alineamiento



Figura. Cortina de protección fotoeléctrica
PSEN op4B-4-120/1 marca PILZ

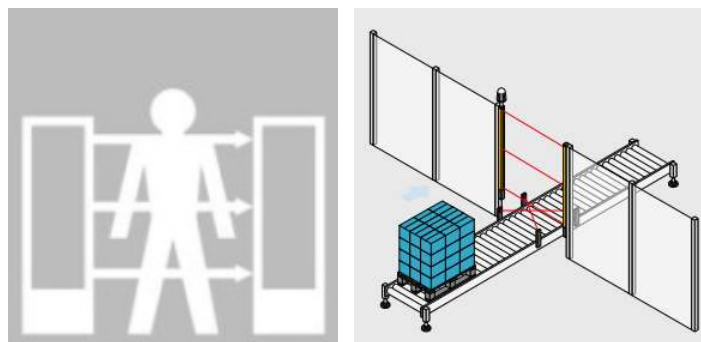


Figura. Modo de disposición de la cortina de protección fotoeléctrica
PSEN op4B-4-120/1 marca PILZ

Para el diseño de seguridad, con respecto al acceso a las mesas de carga y descarga de botellas, serán necesarios dos cortinas fotoeléctricas de seguridad modelo PSEN op4B-4-120/1 y dos relés de seguridad PNOZ s4.

b) Con respecto a los E-Stop:

Según el nivel de PLr de la máquina, el relé de seguridad PNOZ s4 de la marca PILZ, es el relé seleccionado para ser parte del sistema de seguridad el mismo que fue descrito en el ítem anterior. Se ha designado a cada E-Stop su respectivo relé de seguridad.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las paradas de emergencia, será necesario cuatro relés de seguridad PNOZ s4.

c) Relé principal

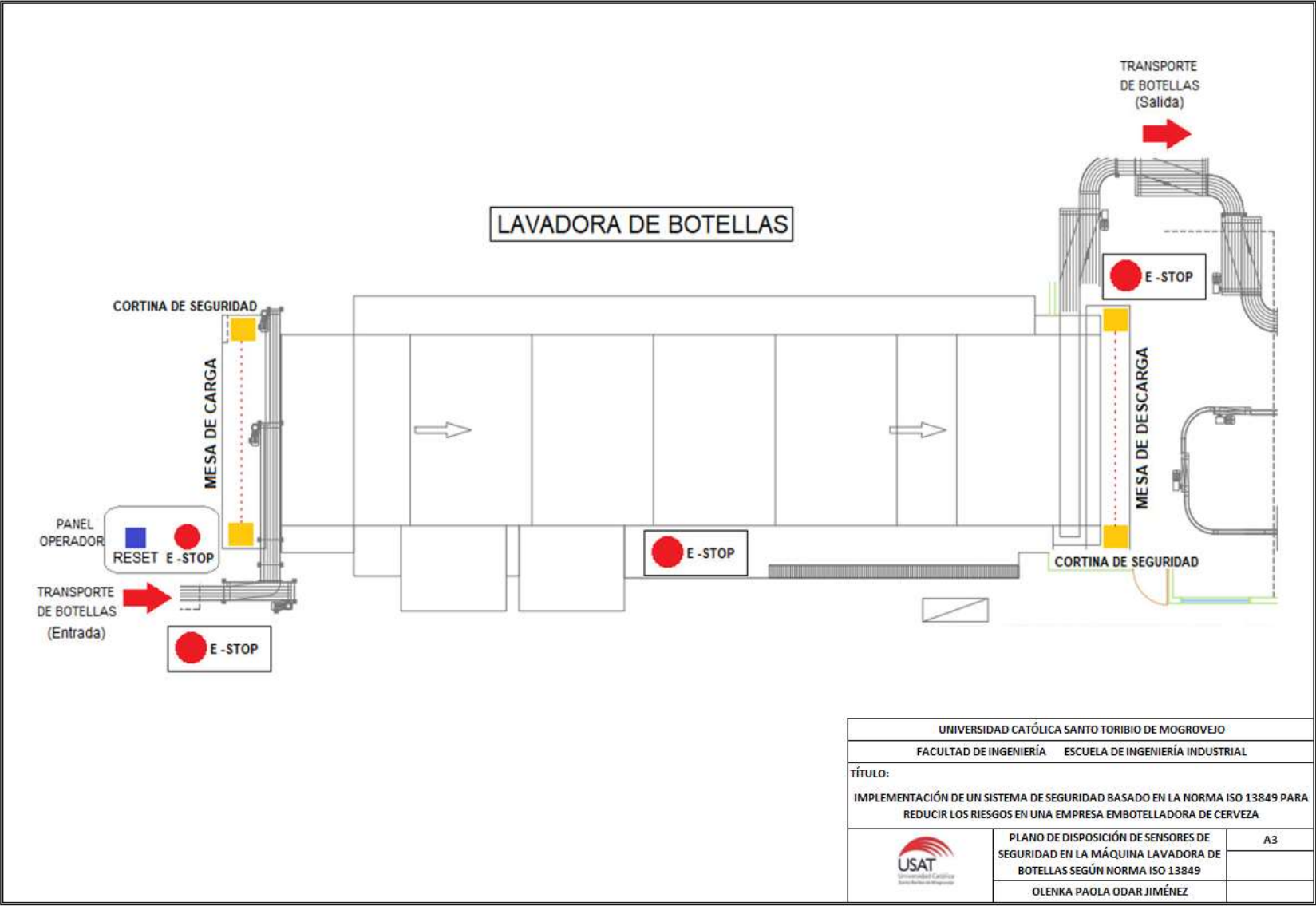
Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad, llegarán a dos relés de seguridad principales, los cuales serán responsables de la activación o desactivación del variador de frecuencia del motor principal y de los demás motores que permiten el funcionamiento de la máquina lavadora de botellas.

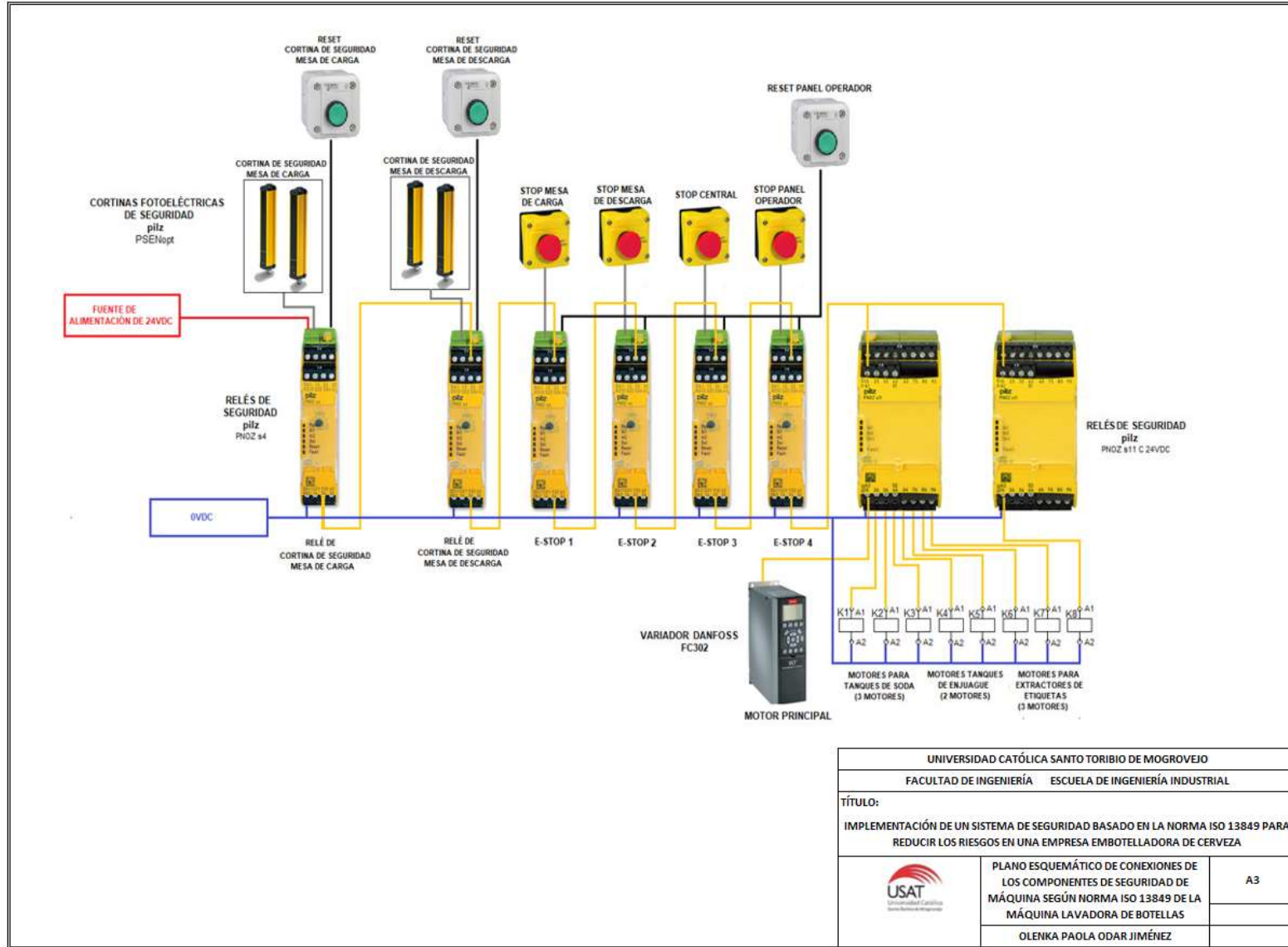
Será necesario dos Relés de seguridad PNOZ s11, que serán responsable del accionamiento del variador de frecuencia del motor principal y de los ocho motores que se activan por arranque con contactores.

A continuación, se muestra:

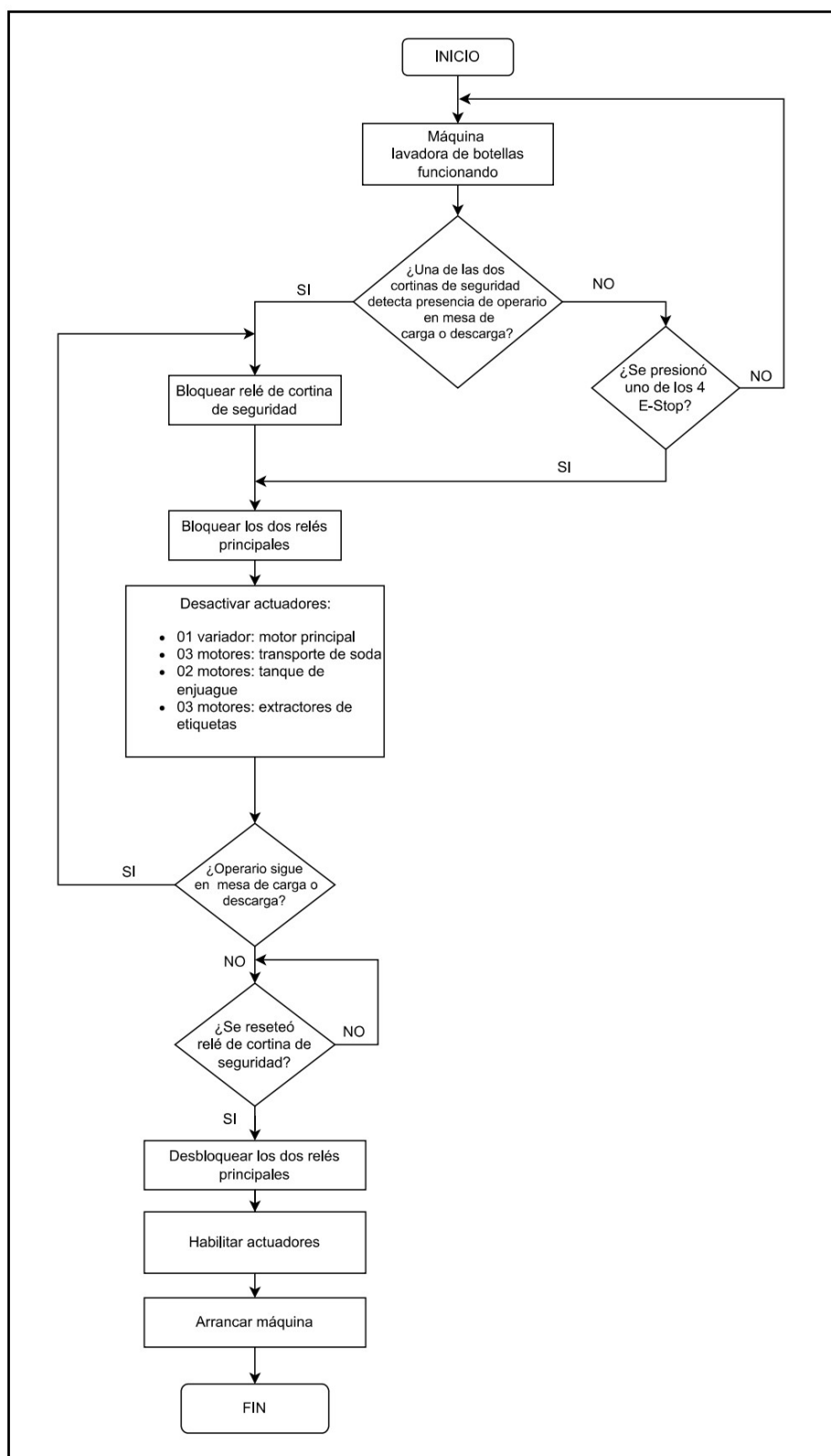
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

7. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina Acumulador de cajas

El acumulador de cajas es una máquina tipo robot cartesiano, tiene un eje de elevación y un eje de traslación; máquina se encarga de balancear la línea cuando falta cajas a la encajonadora así la máquina nunca se detiene; cuando hay cajas en exceso las retira.

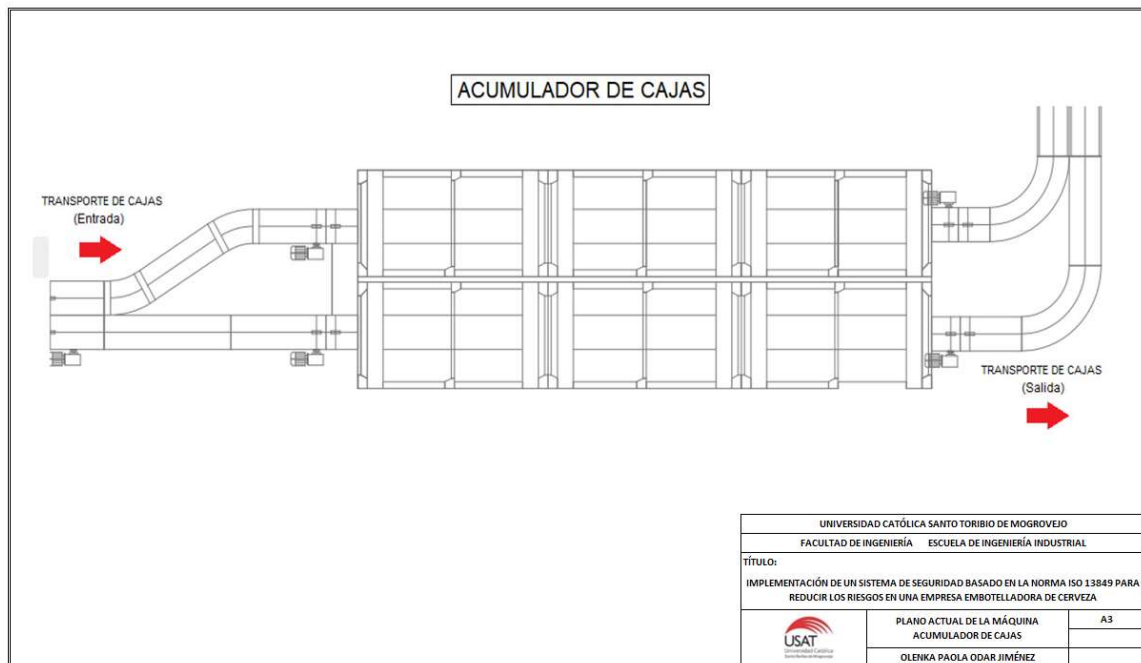


Figura. Plano actual de la máquina Acumulador de cajas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “e”) la etapa de seguridad deba ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso. Para el diseño se tendrá en cuenta lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de ingreso a la máquina

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios; por ello se recomienda implementar un cerramiento perimetral de la máquina que cuente con dos puertas de acceso, cada una con su respectivo sensor para detectar cuando ésta sea abierta; cuando una puerta sea abierta el sensor enviará la señal a su relé de seguridad respectivo activándolo. Si cualquier relé se activa mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva entrar en funcionamiento se deberá

pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para rearrancar la máquina. Se ha considerado dos botones de reset (uno por cada puerta).

Los relés de seguridad deberán ser conectados en serie, así cualquiera que se active mandará la señal para detener la máquina.

b) Con respecto a los E-Stop

Existe solo una parada de emergencia que deberá conectarse directamente a un relé de seguridad.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto a las puertas de acceso a la máquina

Los sensores elegidos para colocar en cada una de las dos puertas de acceso que deberá presentar el cerramiento recomendado; son interruptores de seguridad con actuador separado de la marca SCHMERSAL; los mismos que pueden ser conectados a los relés de seguridad PNOZ s4, para lograr el nivel de prestaciones requerido. Cada interruptor deberá conectarse a su respectivo relé de seguridad. Las características de ambos dispositivos se han descrito anteriormente.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de ingreso, serán necesarios dos interruptores de seguridad modelo AZ 16-12ZVRK-M20 marca SCHMERSAL y dos relés de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

b) Con respecto a los E-Stop

Para el diseño de seguridad, con respecto al único E-Stop que presenta esta máquina, será necesario un relé de seguridad PNOZ s4 marca PILZ.

c) Relé principal

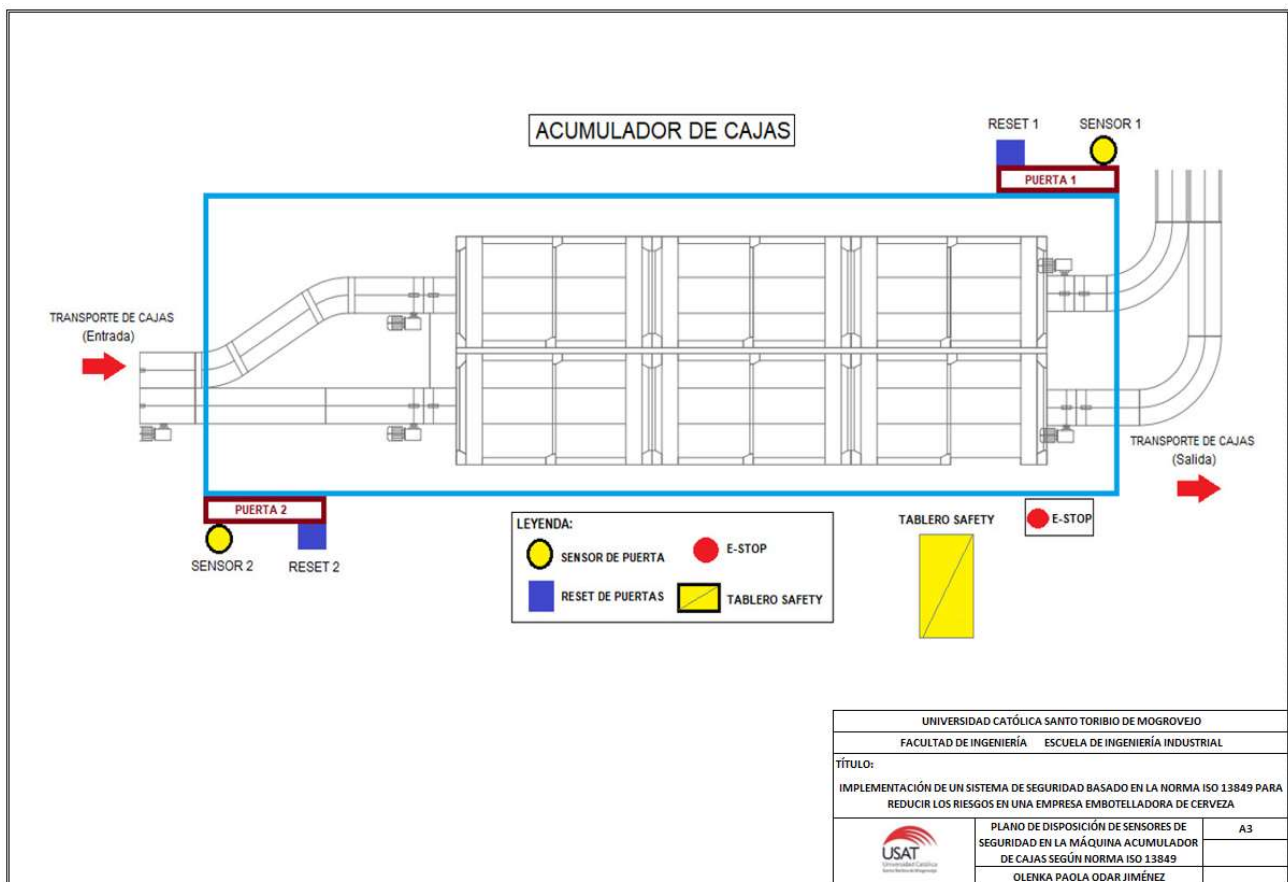
Relé de seguridad PNOZ s11 24VDC 8 n/o 1 n/c

Finalmente, todas las señales de los dispositivos de seguridad llegarán a un solo relé de seguridad principal, el cual será el responsable de la activación o desactivación de los variadores de velocidades que gobiernan los motores del acumulador de cajas, las características del dispositivo se han descrito anteriormente.

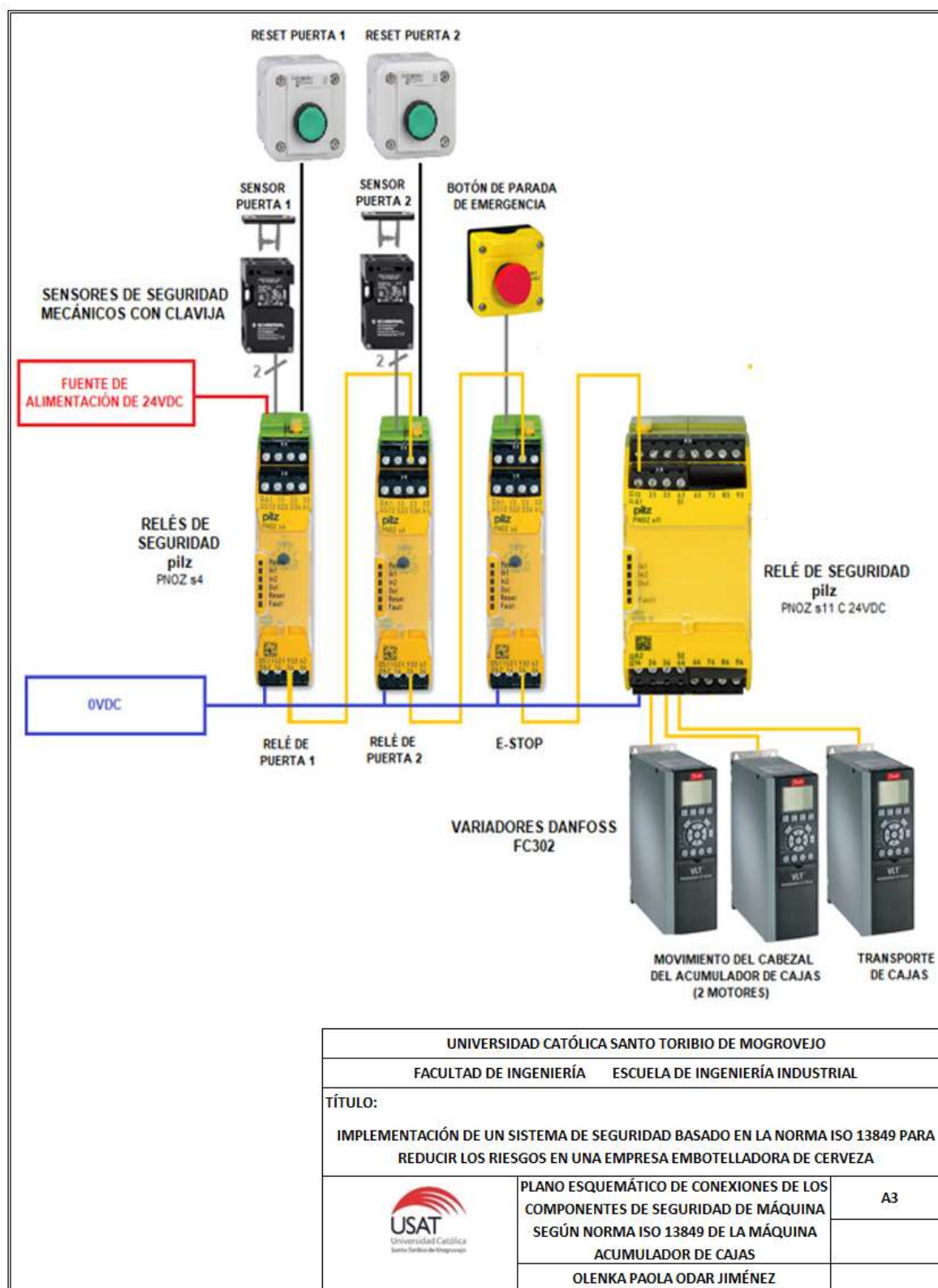
Será necesario un Relé de seguridad PNOZ s11, que será responsable del accionamiento de los variadores de frecuencia.

A continuación, se muestra:

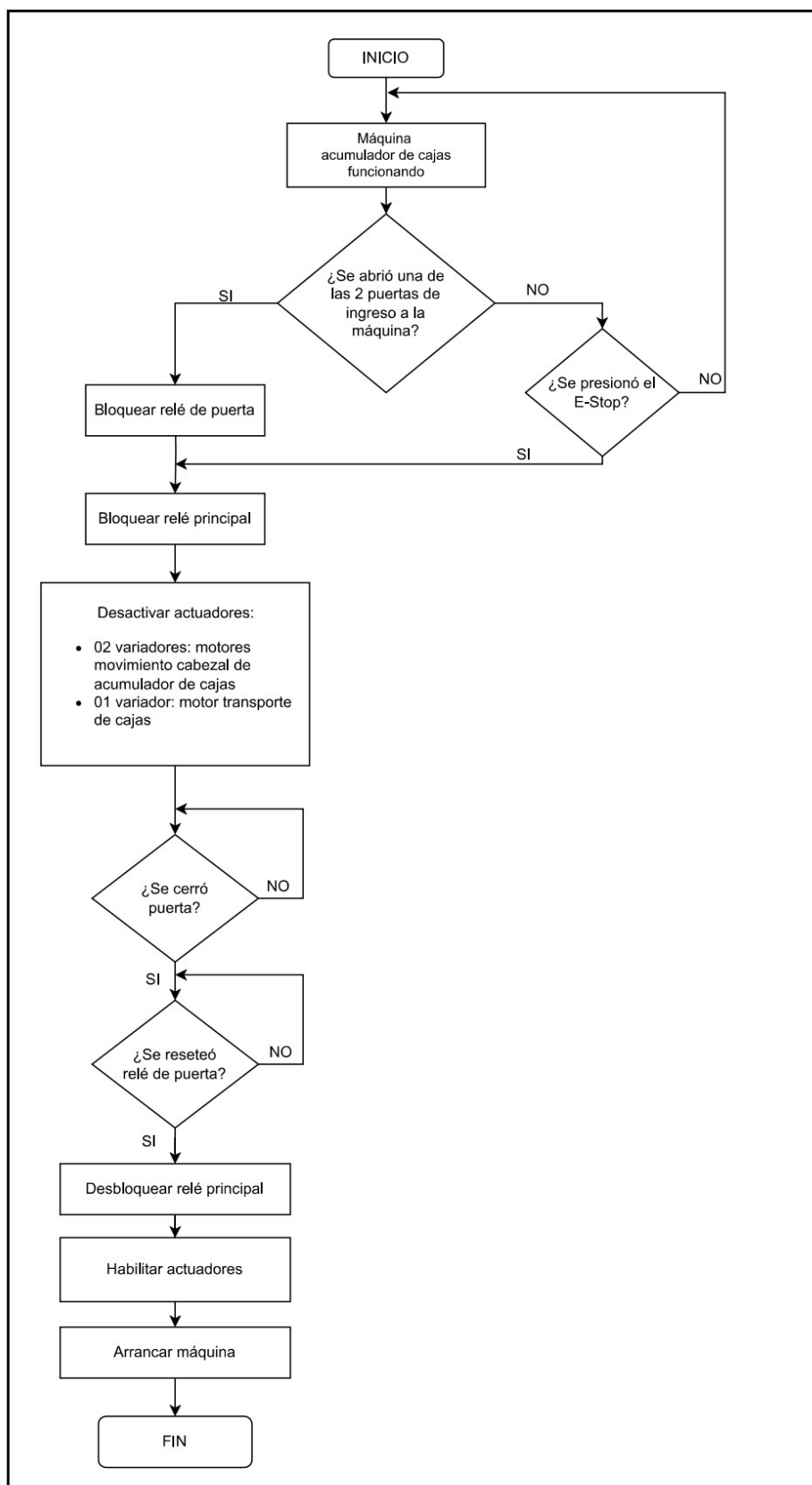
- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

8. Diseño del sistema de acceso seguro a máquina de la máquina Etiquetadora de botellas

La etiquetadora es un carrusel (máquina móvil rotativa) que hace girar la botella mientras se van poniendo las etiquetas según el formato que se esté envasando, tiene una capacidad de 22000 botellas por hora; presenta también sistemas electroneumáticos, eléctricos y es totalmente automatizada.

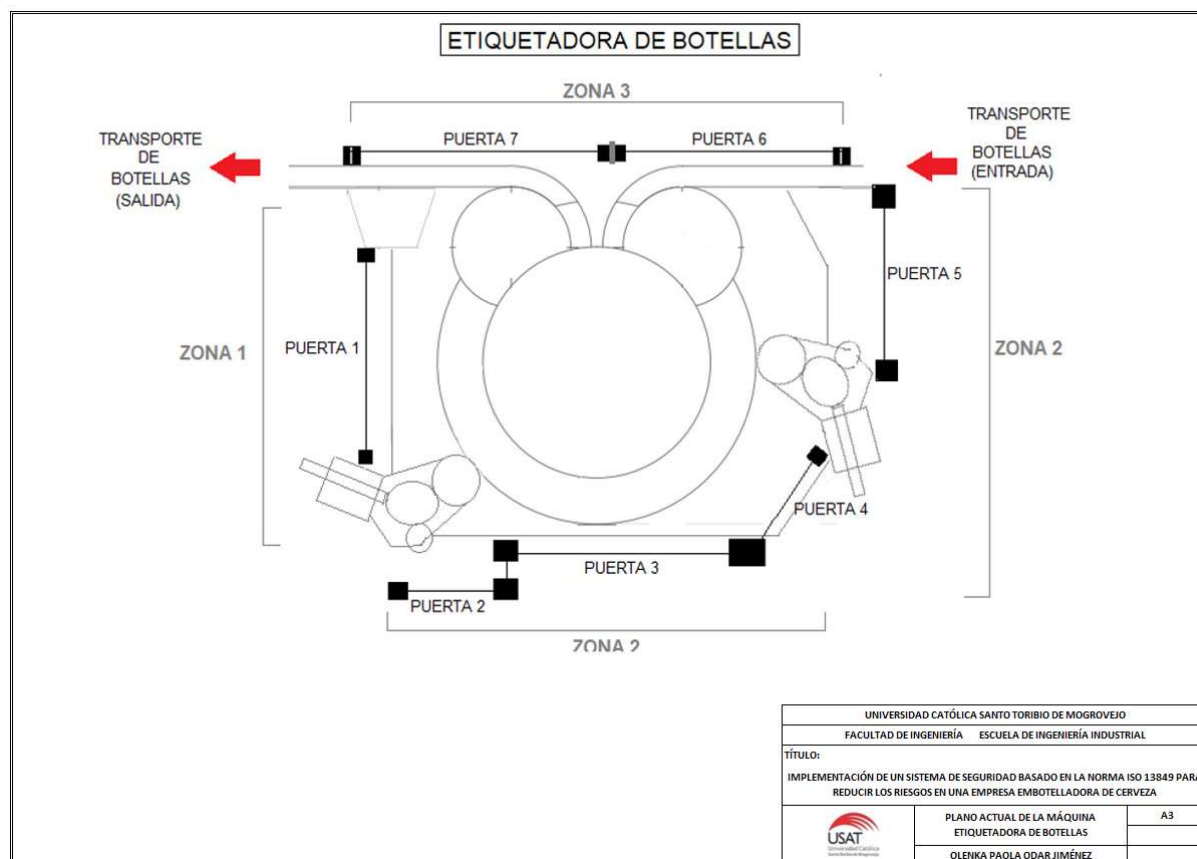


Figura. Plano actual de la máquina Etiquetadora de botellas

Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Diseño del sistema

Según la evaluación correspondiente, es indispensable que para alcanzar los niveles de seguridad requeridos (PLr “d”) la etapa de seguridad debe ser evaluada por un relé de seguridad en lugar del PLC del proceso.

Asimismo, las señales provenientes de los botones de paradas de emergencia y de los motores, deben ser llevadas directamente hacia el relé de seguridad. Para el diseño se propone lo siguiente:

a) Con respecto a las puertas de ingreso a la máquina:

Para que el acceso a la máquina durante la operación de ésta sea seguro, es necesario que se detecte el ingreso de los operarios por cualquiera de las siete puertas que presenta la máquina; para ello se colocará un actuador magnético en cada puerta para detectar cuando esta sea abierta; cuando una puerta sea abierta el actuador magnético enviará la señal a la entrada de un módulo descentralizado (se emplearán cuatro módulos descentralizados que concentrarán todas las señales de actuadores magnéticos, sensores, mandos manuales, reset, paradas de emergencia, de tal manera que se envíe una única señal al relé principal) y mandará a detener la máquina, para que la máquina vuelva a entrar en funcionamiento se deberá pulsar su respectivo botón de reset para reactivar al relé y anule la señal de paro; por último, el operador deberá confirmar desde el panel HMI la señal de reset para rearrancar la máquina. Las puertas serán agrupadas en tres zonas de seguridad de la siguiente manera:

- Zona 1: puerta 1
- Zona 2: puertas 2, 3, 4 y 5
- Zona 3: puertas 6 y 7

Se ha considerado tres botones de reset (uno por cada zona de seguridad).

b) Con respecto a los E-Stop:

Cuenta con tres botones de parada de emergencia: uno en el gabinete de operación, uno en la consola móvil y otro cerca de la zona de etiquetado, que se conectarán en serie enviando solo una señal a un módulo descentralizado.

c) Con respecto a los mandos manuales:

Los dos mandos manuales (Jog manual) permiten el arranque manual de la máquina a baja velocidad para trabajos de ajuste y calibración en la máquina; anulando el paro de la máquina producido por alguno de los actuadores magnéticos de seguridad de las puertas; los mandos manuales se conectarán en directamente a su respectivo relé de seguridad.

Selección de componentes a utilizar en el diseño de seguridad

a) Con respecto a las puertas de ingreso a la máquina

Para la seguridad de las puertas se ha considerado utilizar el sistema de protección de puertas magnético seguro para aplicaciones hasta SIL3/PL e/cat. 4 de la marca Pilz. Se detalla a continuación sus características:

Chapa magnética de seguridad: PSENSlock Modelo PSEN sl-0.5n 2.1

Es un sistema de protección de puertas sin contacto que combinan un electroimán integrado con la inspección segura de puertas protectoras.



Figura. Chapa magnética de seguridad para puertas PSENSlock modelo PSEN sl-0.5n 2.1 marca PILZ

Características:

- Bloqueo magnético. Para aplicaciones hasta PL “e” o SIL CL 3
- Fuerza de retención magnética de 500N
- Conector macho M12, 5 polos
- Tensión de alimentación: 24VDC
- Leds indicadores para: tensión de alimentación, error, puerta cerrada y estado de bloqueo magnético.



Figura. Montaje de chapa magnética de seguridad para puertas

Módulo descentralizado PDP67 8I ION HP VA

Permite optimizar las tareas de cableado e instalación, reducir tiempo y costes y libera espacio en el tablero de distribución. Recibirán las señales que envíen las chapas magnéticas de seguridad para puertas.



Figura. Módulo descentralizado PDP67 8I ION HP VA marca PILZ

Características del dispositivo:

- Bloqueo magnético. Para aplicaciones hasta PL “e” o SIL CL 3
- Tensión de alimentación: 24VDC
- Grado de protección IP67.
- Número de entradas: 8

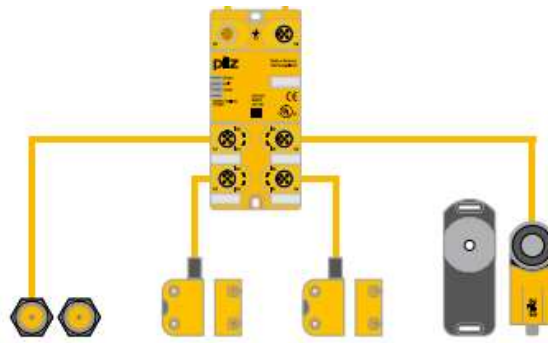


Figura. Montaje del módulo descentralizado PDP67 8I ION HP VA marca PILZ

Para el diseño de seguridad, con respecto a las puertas de ingreso, serán necesarios siete chapas magnéticas de seguridad para puertas PSENslock Modelo PSEN sl-0.5n 2.1 y dos módulos descentralizados PDP67 8I ION HP VA, ambos marca PILZ.

b) Con respecto a los E-Stop

Para cumplir con el nivel de prestaciones requerido por la máquina etiquetadora se utilizará una entrada del módulo descentralizado PDP67 8I ION HP VA a la cual llegará una sola señal procedente de las tres paradas de emergencia que se conectarán en serie.

Para el diseño de seguridad, con respecto a las paradas de emergencia, será necesario un módulo descentralizado PDP67 8I ION HP VA marca PILZ.

c) Con respecto a los mandos manuales

Los dos mandos manuales (Jog manual) serán del mismo modelo descrito en los ítems anteriores y para cumplir con el nivel de prestaciones requerido deberán conectarse a los relés de ampliación PNOZ m EF 4DI4DOR, cuyas características se detallan a continuación:

PNOZ m EF 4DI4DOR

Relé de ampliación para la conexión con un dispositivo base del sistema PNOZmulti 2.



Figura. Relé de ampliación PNOZ m EF 4DI4DOR marca PILZ

Características:

- Configurable mediante PNOZmulti Configurator
- Tensión de alimentación: 24VDC
- 04 salidas de seguridad hasta PL”e” o SIL CL 3 (según norma)
- Cantidad de entradas: 4
- Número de salidas de relé: 4
- Leds indicadores para: voltaje, mensajes de error, diagnóstico y circuitos de salida y entrada
- Bornes enchufables de conexión (de resorte o tornillo)

Para el diseño de seguridad, con respecto a los mandos manuales, serán necesario dos Transmisor de mando manual PIT js2 bc y dos relés de ampliación PNOZ m EF 4DI4DOR, ambos marca PILZ.

d) Relé principal y otros relé de seguridad utilizados

Relé programable PNOZ mB0

Utilizado para la conexión de pulsadores de parada de emergencia, pulsadores de mandos a dos manos, interruptores límite de puertas protectoras, barreras de seguridad fotoeléctricas, escáneres, interruptores de validación, interruptores de puertas protectoras PSEN, selectores de modos de funcionamiento, muting, alfombras de seguridad, sensores. Este relé será el relé principal del sistema al

cual llegará una sola señal del módulo de enlace PNOZ mEF PDP Link de la marca PILZ.



Figura. Relé programable PNOZ mB0 marca PILZ

Características del dispositivo:

- Tarjeta de memoria extraíble
- 20 entradas (8 pueden configurarse como salidas)
- 4 salidas por semiconductor seguras (PL e, SIL CL 3)
- 4 salidas de tacto, hasta 4 de ellas configurables como salidas estándar
- Voltaje de alimentación (UB): 24 V DC/ 2A/ 48W
- Leds indicadores de: error, diagnóstico, voltaje de funcionamiento, errores en las entradas y en las salidas.
- Presenta display iluminado para lectura de mensajes
- Control de menús por mando giratorio
- Dimensiones: 101,4 mm x 45 mm x 120 mm

PNOZ mEF PDP Link

Conecta de manera segura módulos de entrada/salida descentralizados a un control configurable sistema PNOZmulti 2.



Figura. Módulo PNOZ mEF PDP Link marca PILZ

Características:

- Configurable mediante PNOZmulti Configurator
- Tensión de alimentación: 24VDC
- Max. 4 PNOZ m EF PDP Link se pueden conectar a la unidad base
- Máx. Se pueden conectar 4 módulos descentralizados al módulo de enlace PNOZ m EF PDP Enlace
- Led para: estado operativo, error, estado de conexión, tensión de alimentación
- Bornes enchufables de conexión (de resorte o tornillo)
- Según la aplicación hasta PL”e” o SIL CL 3

PNOZ m ES Profibus

Utilizado para enviar datos de estado al controlador principal y de diagnóstico.

- Módulo de bus de campo
- Tensión de alimentación 24VDC
- Profibus



Figura. PNOZ mES Profibus marca PILZ

Relé PILZ de Velocidad cero PSWZ X1P

Utilizado para la supervisión de paradas en montajes con partes de herramientas o máquinas peligrosas.



Figura. Relé PILZ de velocidad cero PSWZ X1P

Características:

- Salidas a relé: 02 NA + 01 NC
- Leds indicadores de: tensión de alimentación, parada del canal 1/2, estado de conmutación, error
- Notificación de estado de conmutación y fallo.
- Entrada de reset y de medición para motores (monofásicos y trifásicos)
- Circuito de realimentación
- Bornes de conexión enchufables (de muelle o tornillo)
- Para aplicaciones hasta PLe (Cat. 4)

Será necesario un Relé programable PNOZ mB0 (relé principal), que será responsable del accionamiento del variador de frecuencia del motor principal y dos motores con arranque directo; un módulo PNOZ mEF PDP Link, un módulo PNOZ m ES Profibus y un relé de Velocidad cero PSWZ X1P todos de la marca PILZ.

Sensores de seguridad en la zona de etiquetas

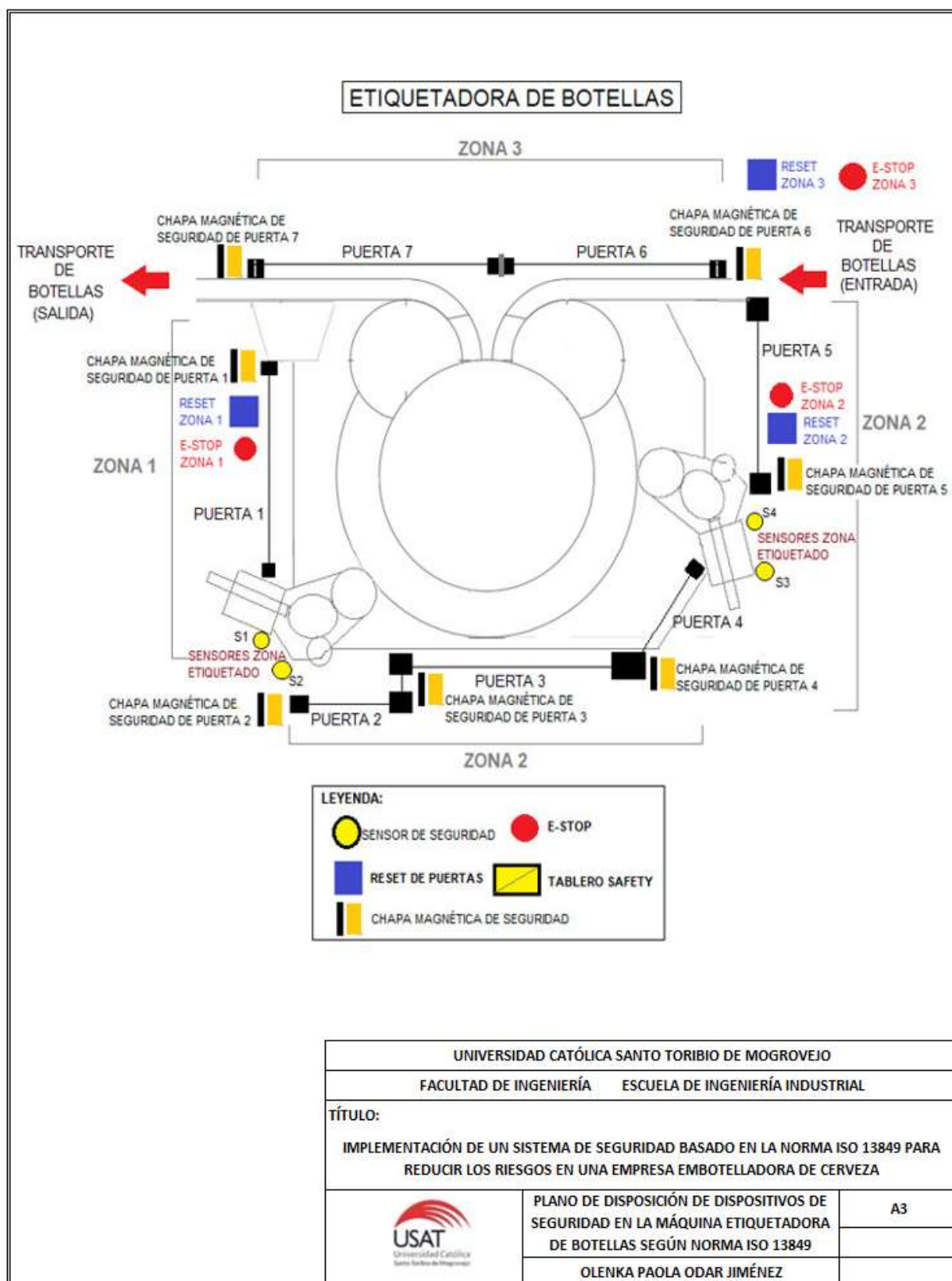
Sensor PSEN cs3.1n

Se ha considera para mayor seguridad para el operario colocar sensores PSEN cs3.1n en las micas cercanas a las zonas de etiquetado, debido a que estas micas pueden ser retiradas para manipular las etiquetas o cambiarlas según formato; de esta manera cuando el operario retira la mica la máquina se detiene al activarse el sensor protegiéndolo de posibles atrapamientos, golpes o fracturas de las manos. Las características de este sensor han sido descritas en ítems anteriores (véase diseño propuesto para la llenadora de botellas).

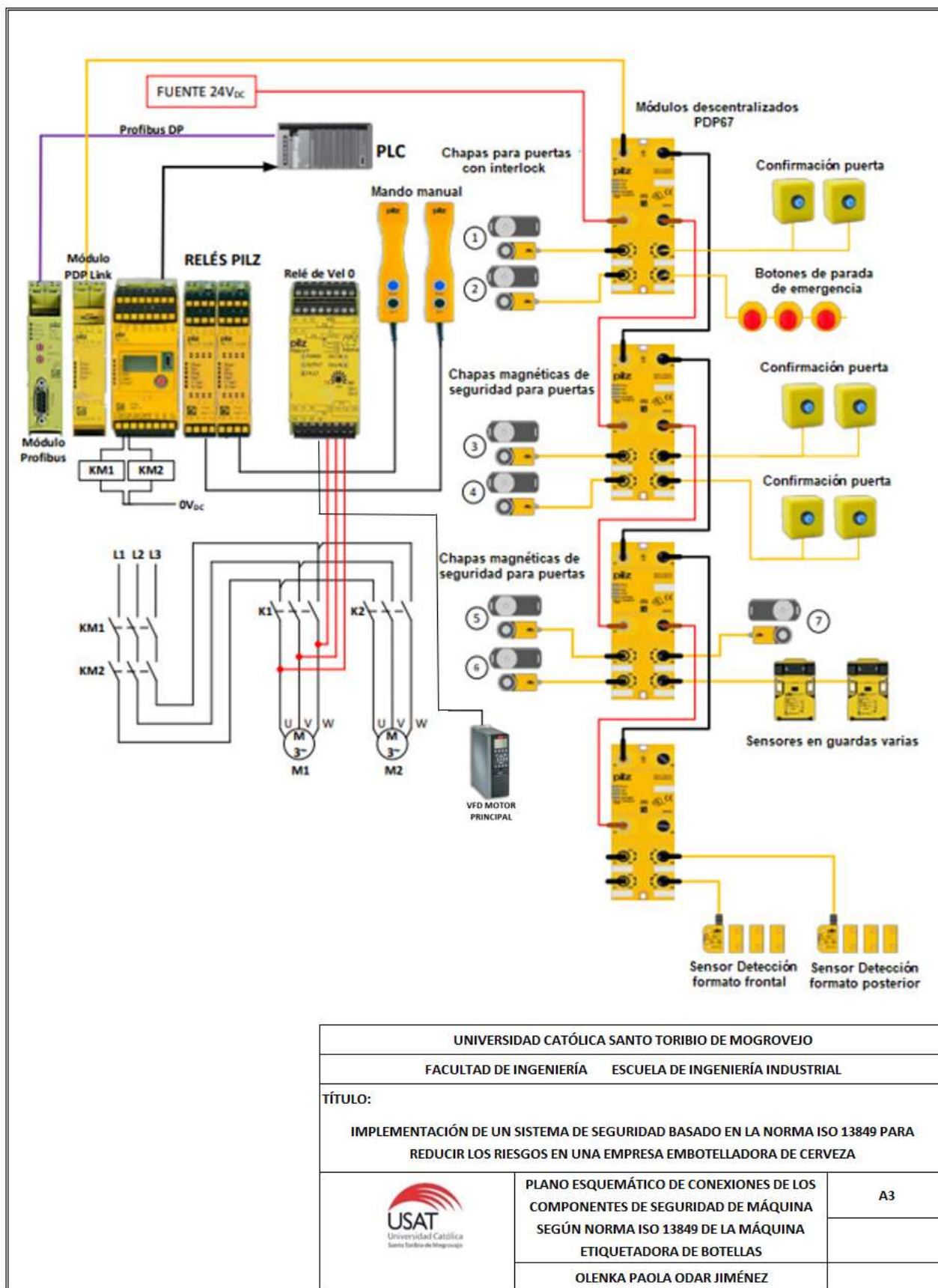
Serán necesarios cuatro sensores PSEN cs3.1n de la marca PILZ: dos en la zona de etiquetado de formato secundario, uno en la zona de etiquetado de formato frontal y uno en la zona de etiquetdo de formato posterior.

A continuación, se muestra:

- la disposición estratégica de los elementos que integran el sistema SAM (sensores, reset y e-stop),
- el plano esquemático de conexiones y
- el diagrama de flujo de su funcionamiento



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

Cerramiento perimetral

Con el fin de que el diseño de seguridad cumpla con el nivel de desempeño requerido por la empresa (PL “d”) se recomienda:

- Reemplazar las puertas existentes por un cerramiento perimetral nuevo.
- Utilizar para los postes acero inoxidable tipo 304, que es un material muy resistente a la corrosión.
- La máquina etiquetadora tiene un alto riesgo de explosión de botellas, se recomienda utilizar paneles transparentes de policarbonato, en lugar de acrílico, que ofrecen mayor resistencia a la explosión de vidrio. Estos paneles de policarbonato deberán ser de 6mm de espesor.

Es importante tener en cuenta que la ubicación del cerramiento puede variar dependiendo de los cálculos finales de dimensiones que se deben realizar.

El nuevo cerramiento con puertas de policarbonato será similar al que se muestra en las siguientes imágenes.

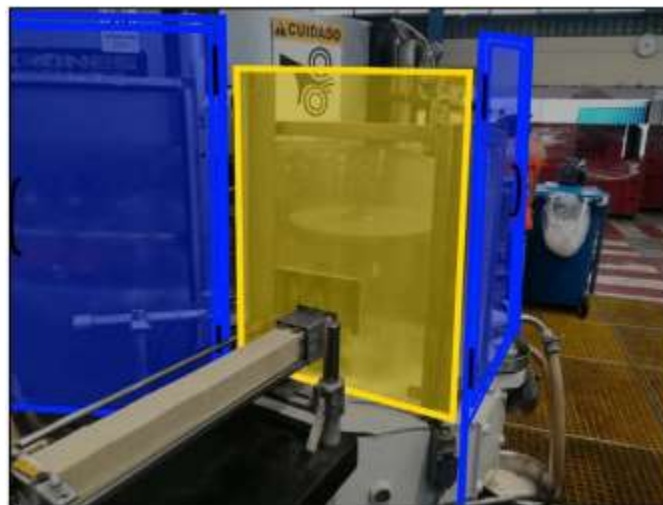
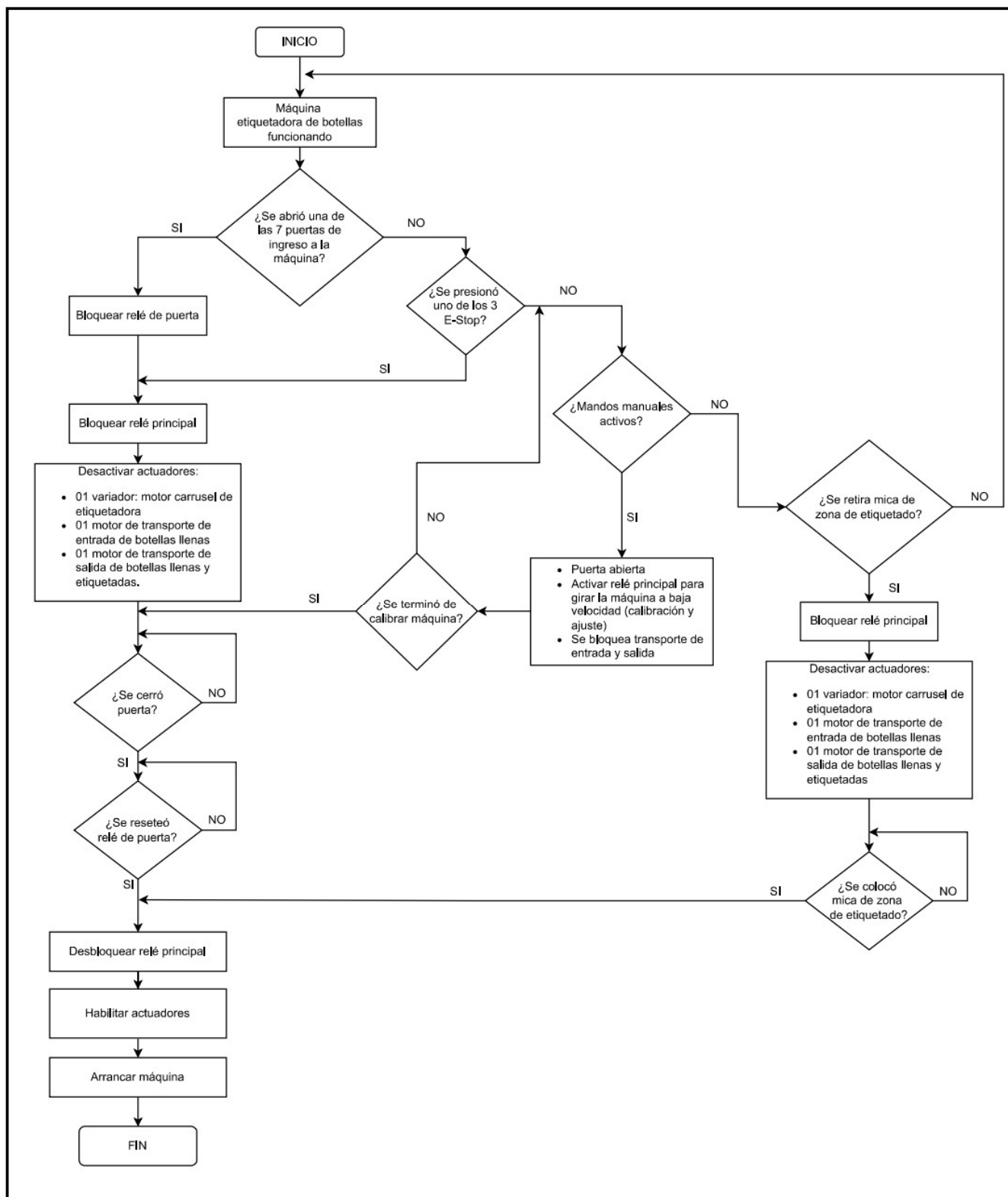


Figura. Disposición del nuevo cerramiento



Fuente: Elaboración propia

Anexo 6: Nivel de riesgo previo y posterior a implementarse el Sistema SAM en las máquinas Llenadora y Etiquetadora de botellas

Con respecto al análisis del nivel de riesgo en la máquina llenadora de botellas

Tabla. Identificación de peligros y estimación del grado de riesgo en la Llenadora de botellas antes de la implementación del sistema SAM

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad					Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: LLENADORA										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	2	2	2	3	9	3	27	Intolerable	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	2	2	2	3	9	3	27	Intolerable	
3. Regulación de formatos de botella cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	2	2	2	3	9	3	27	Intolerable	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	Contusiones, heridas, fracturas,	2	2	2	3	9	2	18	Importante	

Fuente: Elaboración propia. En base a Empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y estimación del grado de riesgo en la Llenadora de botellas después de la implementación del sistema SAM

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad				Severidad				
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: LLENADORA DE BOTELLAS										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	2	1	1	1	5	2	10	Moderado	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	2	1	1	1	5	2	10	Moderado	
3. Regulación de formatos de botella cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	2	1	1	1	5	2	10	Moderado	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	Contusiones, heridas, fracturas,	2	1	1	1	5	1	5	Tolerable	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Con respecto al análisis del nivel de riesgo en la máquina etiquetadora de botellas

Tabla. Identificación de peligros y estimación del grado de riesgo en la Etiquetadora de botellas antes de la implementación del sistema SAM

IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y ESTIMACIÓN DE RIESGOS										
Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos							Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección
		Probabilidad					Severidad			
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Peligro	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: ETIQUETADORA DE BOTELLAS										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	2	2	3	8	2	16	Moderado	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
3. Regulación de etiquetas cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	2	2	3	8	3	24	Importante	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	Contusiones, heridas, fracturas,	1	2	2	3	8	2	16	Moderado	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Tabla. Identificación de peligros y Estimación del grado de riesgo en la máquina Etiquetadora de botellas después de la implementación del sistema SAM

Operación / Peligro	Daño posible	Evaluación de Riesgos						Puntuación del Riesgo SIN Protección	Nivel del Riesgo SIN Protección	
		Probabilidad				Severidad				
		Índice de Personas	Índice de Procedimientos	Índice de Capacitación	Índice de Exposición al Riesgo	Índice de Probabilidad	Índice de Severidad			
Tipo de Trabajo: Envasado de cerveza										
Zona de Peligro: Punto de Operación al Frente de la Máquina										
Máquina: ETIQUETADORA DE BOTELLAS										
1. En el modo de operación “Ajuste”, es posible la marcha paso a paso de la máquina estando abiertas las puertas del resguardo. Esto supone un alto riesgo para la seguridad y exige la máxima precaución; debido a la presencia de piezas móviles y piezas giratorias.	Aplastamiento, Enganche o atrapamiento, Aprisionamiento	1	1	1	1	4	2	8	Tolerable	
2. Ingreso a interior de máquinas para la limpieza de vidrio y/o retiro de botellas con producto	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	1	1	1	4	2	8	Tolerable	
3. Regulación de etiquetas cuando algunas partes de la máquina están en movimiento y no presentan resguardos	Contusiones, fracturas, amputaciones, muerte	1	1	1	1	4	2	8	Tolerable	
4. Exposición a fluidos a presión al ingresar a retirar vidrio y/o botellas con producto.	Contusiones, heridas, fracturas,	1	1	1	1	4	2	8	Tolerable	

Fuente: Elaboración propia. En base a empresa embotelladora de cerveza

Reporte de incidentes en la máquina Llenadora de botellas

Tabla. Incidentes reportados antes y después de poner en marcha el sistema SAM

MAQUINA LLENADORA DE BOTELLAS	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21
POSIBLE INCIDENTE REPORTADO																																
REGULACIÓN DE GUIAS DE BOTELLAS - ATRAPAMIENTO MANOS	8	9	7	9	10	7	8	5	7	5	5	9	9	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMPIEZA DE MAQUINA - ATRAPAMIENTO DE MANOS	8	7	9	8	9	7	9	8	8	9	9	10	8	10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CAMBIO DE VALVULAS DE LLENADO - ATRAPAMIENTO MANOS	4	3	5	3	4	4	3	4	3	2	5	4	4	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SINCRONIZACIÓN DE MAQUINA - ATRAPAMIENTO	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

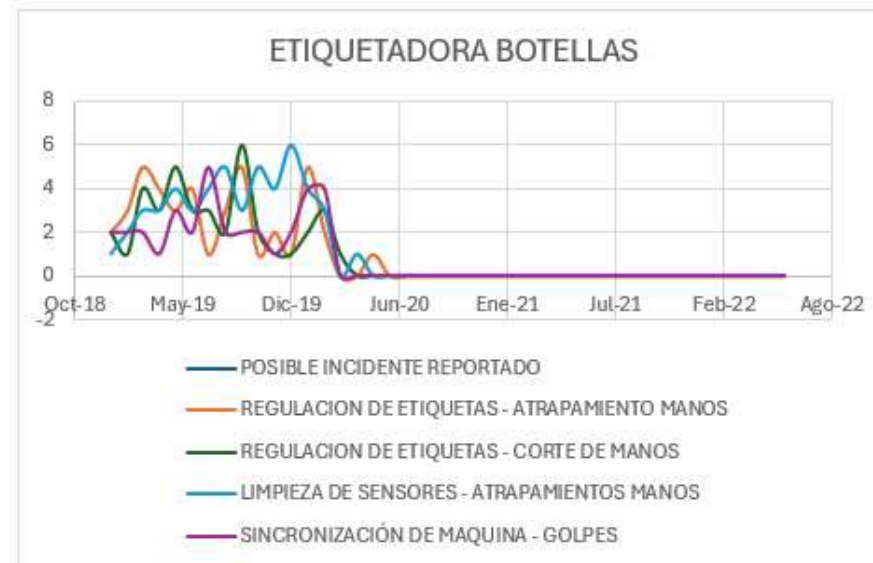


Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Reporte de incidentes en la máquina Etiquetadora de botellas

Tabla. Incidentes reportados antes y después de poner en marcha el sistema SAM

MAQUINA ETIQUETADORA A	Ene-19	Feb-19	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19	Ene-20	Feb-20	Mar-20	Abr-20	May-20	Jun-20	Jul-20	Ago-20	Set-20	Oct-20	Nov-20	Dic-20	Ene-21	Feb-21	Mar-21	Abr-21	May-21	Jun-21	Jul-21	Ago-21
POSIBLE INCIDENTE REPORTADO																																
REGULACION DE ETIQUETAS - ATRAPAMIENTO MANOS	2	3	5	4	3	4	1	3	5	1	2	1	5	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
REGULACION DE ETIQUETAS - CORTE DE MANOS	2	1	4	3	5	3	3	2	6	2	1	1	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMPIEZA DE SENSORES - ATRAPAMIENTOS MANOS	1	2	3	3	4	3	4	5	3	5	4	6	4	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SINCRONIZACIÓN DE MAQUINA - GOLPES	2	2	2	1	3	2	5	2	2	2	1	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Fuente: Empresa embotelladora de cerveza

Anexo 7. Procedimiento de Acceso Seguro a Máquina “Llenadora de botellas”

La máquina se encuentra en modo funcionamiento, el indicador led de color verde lo muestra, esto quiere decir que la máquina está girando. Nunca se debe abrir las puertas sin antes haber detenido la máquina.

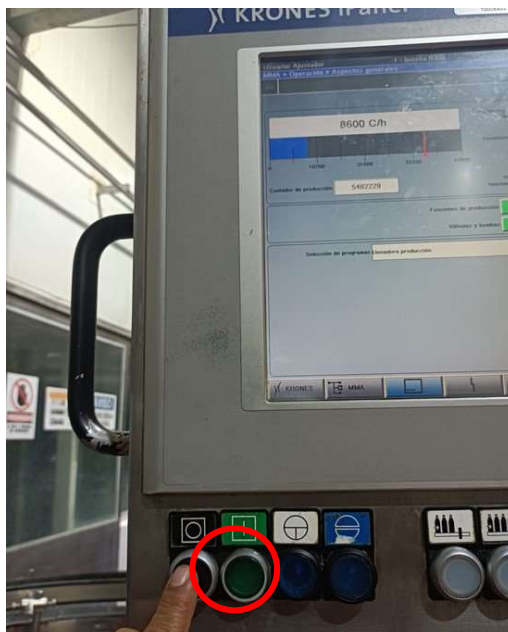


PASO 1: DETENER MÁQUINA EN FUNCIONAMIENTO

Para detener la máquina se deberá presionar el botón de color negro tal como lo indica la siguiente imagen:



La máquina se detendrá, y el led de color verde se apaga, el operario deberá esperar hasta que la máquina deje de girar y se detenga completamente.



PASO 2: ABRIR PUERTA DE LLENADORA PARA INTERVENIR

Este paso permite al operario, ya con la máquina detenida, abrir cualquier puerta de la llenadora, así el operario de manera segura puede intervenir ya sea para regular o hacer algunos ajustes finos cuando se está en producción.



Ubicación del sensor de seguridad, de color amarillo, en una de las puertas

PASO 3: REINICIAR MÁQUINA

Luego de la intervención por parte del operario de la llenadora, se debe reiniciar la máquina; la seguridad es tal que la máquina no va a arrancar hasta que el reset de la puerta que se abrió sea reiniciado por parte del operario; es decir, no basta con solo cerrar la puerta y arrancar la máquina, al lado de cada puerta existe un botón piloto de reseteo que se enciende al momento de apertura cada puerta indicando que esa puerta se debe reiniciar.

Luego de cerrar la puerta el operario debe presionar el botón piloto de reseteo y éste debe apagarse.



PASO 4: REINICIAR ALARMA EN LLENADORA Y REARRANCAR

En la pantalla del panel operador de la llenadora se puede visualizar la alarma de ***puerta abierta*** que no deja arrancar la máquina, después de haber reseteado la puerta con el botón de reset, se debe resetear también en la pantalla del panel del operador. Tal como se muestra en la imagen.



En la imagen se puede observar el mensaje de la alarma de color rojo. Luego de presionar el botón celeste de reset del panel, se borra la alarma y recién en ese momento se puede rearrancar la máquina.

En la siguiente imagen se puede apreciar que ya no aparece ningún mensaje de color rojo que impida rearrancar la máquina. Así de esta manera muy segura el operario puede operar la máquina y reducir los posibles accidentes.



Anexo 8. Procedimiento de Acceso Seguro a Máquina “Etiquetadora de botellas”**PASO 1: DETENER EL CICLO DE LA MÁQUINA**

Se deberá presionar el botón negro, primer pulsador de la izquierda

**PASO 2: VERIFICAR SI LA MÁQUINA A DEJADO DE MOVERSE**

Se debe verificar que la máquina se haya detenido por completo.

**PASO 3: ABRIR LA PUERTA DE LA ETIQUETADORA PARA REALIZAR LA INTERVENCIÓN**

Este paso permite al operario, ya con la máquina detenida, abrir cualquier puerta de la etiquetadora, así el operario de manera segura puede intervenir ya sea para regular, cambiar etiquetas según formato o hacer algunos ajustes finos cuando se está en producción.



Ubicación del sensor de seguridad, de color amarillo, en una de las puertas

PASO 4: REINICIAR MÁQUINA

Luego de la intervención por parte del operario de la etiquetadora, se debe reiniciar la máquina; la seguridad es tal que la máquina no va a arrancar hasta que el reset de la puerta que se abrió sea reiniciado por parte del operario; es decir, no basta con solo cerrar la puerta y arrancar la máquina, al lado de cada puerta existe un botón piloto de reseteo (color azul) que se enciende al momento de apertura cada puerta indicando que esa puerta se debe reiniciar.

Luego de cerrar la puerta el operario debe presionar el botón piloto de reseteo y éste debe apagarse.

BOTÓN DE RESET



PASO 5: REINICIAR ALARMA EN ETIQUETADORA Y REARRANCAR

En la pantalla del panel operador de la etiquetadora se puede visualizar la alarma de *puerta abierta* que no deja arrancar la máquina, después de haber reseteado la puerta con el botón de reset, se debe resetear también en la pantalla del panel del operador. Tal como se muestra en la imagen.



Anexo N°09: Formato De Registro De Capacitaciones

REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA					
DATOS DEL EMPLEADOR:					
Razón Social	RUC	Domicilio		N° Trabajadores	
DATOS DEL CENTRO DE TRABAJO:					
Centro de trabajo:	Domicilio:	Responsable centro de trabajo:	N° Trabajadores		
MARCAR (X)					
Inducción	Capacitación	Entrenamiento	Simulacro-Emergencia	Otros	
TEMA / HORARIOS / CAPACITADOR					
Tema:				Fecha:	
Nombre del Capacitador:				Firma:	
Hora de Inicio:		Hora de Término:		Total H/H Capacitación	
ASISTENTES					
N°	Nombres y Apellidos	N° DNI ó Código Trabajador	Área / Empresa	Firma	Observaciones / Nota
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
RESPONSABLE DEL REGISTRO					
Nombres y Apellidos :			Firma:		
Cargo:			Fecha:		

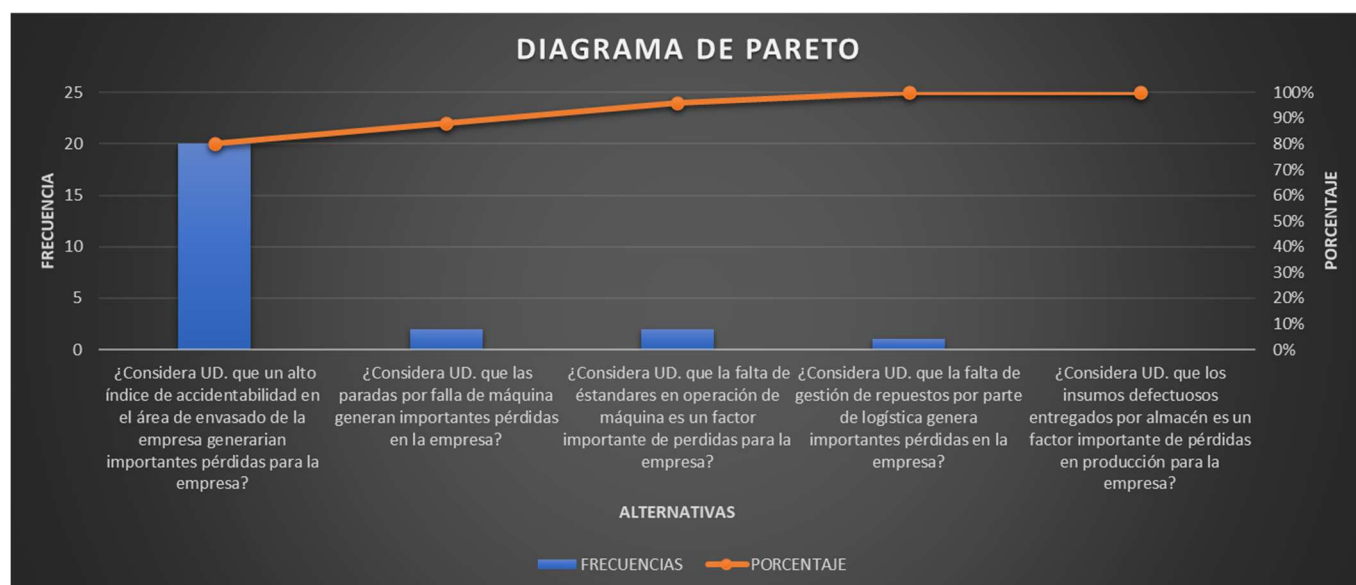
Anexo N°10: Capacitaciones Sistema SAM

REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA N° 000156					
DATOS DEL EMPLEADOR:					
Razón Social		RUC	Domicilio	Actividad Económica	N° Trabajadores
DATOS DEL CENTRO DE TRABAJO:					
Centro de trabajo:		Domicilio:	Responsable centro de trabajo:	N° Trabajadores	
MARCAR (X)					
Inducción	Capacitación	Entrenamiento	Simulacro-Emergencia	Otros	
	Sistema SAM				
TEMA / HORARIOS / CAPACITADOR					
Tema:	Sistema SAM Llenadora - Etiquetadora.			Fecha:	
Nombre del Capacitador:				Firma:	
Hora de Inicio:		Hora de Término:		Total H/H Capacitación	
ASISTENTES					
N°	Nombres y Apellidos	N° DNI ó Código Trabajador	Área / Empresa	Firma	Observaciones / Nota
1	JOSE CASTRO DE LA CRUZ	16795848	MTTO ENV	[Firma]	
2	Jorge O. Jilro Jilro	16586441	MTTO ENV	[Firma]	
3	Soimé Jilro Vazquez	43984376	ASIP	[Firma]	
4	Jorge Castro Becerra	40398420	MTTO ENV	[Firma]	
5	Jorge Castro Colón	16802111	MTTO ENV	[Firma]	
6	Renañ Orrego Delgado	44817133	ENVASADO	[Firma]	
7	Maxelino Suarez Huanan	44199451	ENVASADO	[Firma]	
8	Edgardo Fioncs SANCHEZ	18107877	ENVASADO	[Firma]	
9	Thony Othelario Rodriguez	73948735	ENVASADO	[Firma]	
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					

Anexo N°11: Formato De Chek List SAM

Inventario de Máquinas / Equipos			
Datos del equipo		Nº _____	Revisión Nº _____
Fecha: / /			
Equipo:	Área:	Fabricante:	
	Tipo:	Capacidad:	
Nº	TIPO DE DISPOSITIVO / PROTECCIÓN	Código	Descripción Técnica
01	Puerta 1	1201	PUERTA DE INGRESO
02			
03			
04	Puerta 2	1201	PUERTA DE INGRESO
05			
06			
07	Puerta 3	1201	PUERTA DE INGRESO
08			
09			
10	Puerta 4	1201	PUERTA DE INGRESO
11			
12			
13	Puerta 5	1201	PUERTA DE INGRESO
14			
15			
16	Puerta 6	1201	PUERTA DE INGRESO
17			
18			
19	Puerta 7	1201	PUERTA DE INGRESO
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
Esquema de Dispositivos			

Anexo N°12: Diagrama de Pareto



Anexo N°13: Espina De Ishikawa De La Empresa

